

**Universidade Técnica de Lisboa**  
**Faculdade de Motricidade Humana**

**Análise cinemática e electromiográfica do  
movimento de prancha na vela ligeira**

**Dissertação com vista à obtenção do grau de mestre em  
Treino de Alto Rendimento**

**José Luís Anica Costa**

**2014**

**Universidade Técnica de Lisboa  
Faculdade de Motricidade Humana**

# **Análise cinemática e electromiográfica do movimento de prancha na vela ligeira**

**Dissertação com vista à obtenção do grau de mestre em  
Treino de Alto Rendimento**

**Orientador: Professor Doutor António Prieto Veloso**

**José Luís Anica Costa**

**2014**



# Índice

Resumo.....	1
Abstract .....	1
1 - Introdução.....	2
1.1. Revisão da Literatura.....	2
1.2. Análise Cinemática .....	6
1.3. Electromiografia (EMG).....	8
1.4. Apresentação do Problema .....	10
1.5. Caracterização do “Ciclo de Prancha” .....	11
1.6. Definição do Problema .....	12
1.7. Objectivo Geral .....	13
1.8. Objectivos Específicos .....	13
1.9. Pertinência do Estudo .....	14
1.10. Pressupostos e Limitações do Estudo .....	14
2 - Metodologia.....	16
2.1. Setup Experimental .....	16
2.2. Caracterização da Amostra .....	17
2.3. Recolha de Dados.....	17
2.3.1. Electromiografia (EMG).....	17
2.3.2. Dados Cinemáticos.....	20
2.3.3. Organização das marcas .....	22
2.4. Procedimento Experimental.....	23
2.5. Definição de Variáveis .....	24
2.6. Procedimento de Construção do Simulador .....	25
2.7. Processamento de Dados .....	26
III - Apresentação dos Resultados .....	28
3.1. Dados Cinemáticos.....	29
3.1.1. Posições Angulares (Plano Sagital) .....	29
3.1.2. Velocidades Angulares (Plano Sagital) .....	34
3.1.3. Posições Angulares (Plano Frontal) .....	37

3.1.4.	Velocidades Angulares (Plano Frontal).....	43
3.1.5.	Posições Angulares (Plano Longitudinal) .....	47
3.1.6.	Velocidades Angulares (Plano Longitudinal) .....	52
3.2.	Caracterização do “Ciclo de Prancha” .....	54
3.2.1.	Ciclo de Prancha.....	56
3.2.1.1.	Fase Neutra.....	56
3.2.1.2.	Fase Descendente .....	58
3.2.1.3.	Fase Ascendente .....	61
3.2.1.4.	Fase Descendente Final (regresso à posição neutra) .....	64
3.3.	Os movimentos angulares e a participação muscular.....	66
3.3.1.	Plano Sagital .....	66
3.3.2.	Plano Frontal.....	67
3.3.3.	Plano Longitudinal .....	68
3.4.	Isometria e Fadiga .....	69
V	- Conclusões.....	81
5.1	Recomendações para o Treino.....	83
5.2	Recomendações para Futuras Investigações .....	83
	Bibliografia.....	84

## Índice de Anexos

Anexo 1 - Amplitudes intersegmentares Pélvis-Coxa no Plano Sagital	II
Anexo 2 - Amplitude intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Sagital	IV
Anexo 3 - Amplitude intersegmentar Tronco-Coxa no Plano Sagital	VI
Anexo 4 - Velocidades Angulares Pélvis - Coxa no Plano Sagital	VIII
Anexo 5 - Velocidades Angulares Tronco - Pélvis no Plano Sagital	X
Anexo 6 - Velocidades Angulares Tronco - Coxa no Plano Sagital	XII
Anexo 7 - Velocidades Angulares Tronco – Simulador no Plano Sagital	XIV
Anexo 8 - Amplitude Intersegmentar Pélvis - Coxa no Plano Frontal	XVI
Anexo 9 - Amplitudes Intersegmentares Tronco - Pélvis no Plano Frontal	XVIII
Anexo 10 - Amplitudes Intersegmentares Tronco - Coxa no Plano Frontal	XX
Anexo 11 - Velocidade intersegmentar Pélvis – Coxa no plano Frontal	XXII
Anexo 12 - Velocidade intersegmentar Tronco - Pélvis no plano Frontal	XXIV
Anexo 13 - Velocidade intersegmentar Tronco – Coxa no plano Frontal	XXVI
Anexo 14 - Amplitudes Intersegmetares Pélvis - Coxa no Plano Longitudinal	XXVIII
Anexo 15 - Amplitudes Intersegmentares Tronco - Pélvis no Plano Longitudinal	XXX
Anexo 16 - Amplitudes Intersegmentares Tronco - Coxa no Plano Longitudinal	XXXII
Anexo 17 - Velocidades Angulares Pélvis - Coxa no Plano Longitudinal	XXXIV
Anexo 18 - Velocidades Angulares Tronco- Pélvis no Plano Longitudinal	XXXVI
Anexo 19 - Velocidades Angulares Tronco- Coxa no Plano Longitudinal	XXXVIII
Anexo 20 - Gráficos de EMG em bruto pós-tratamento com RMS, dos músculos analisados durante um ciclo de prancha	XL

## Índice de Figuras

Figura nº 1 – Aplicação das forças, em situação de vento fraco e vento forte (Schutz, 2006)	4
Figura nº 2 – Posição de Prancha em Condição Real. Da esquerda para a direita: Fase Neutra; Fase Descendente; Fase Ascendente (final)	12
Figura nº 3 – Sujeito nº 3 em prancha isométrica	19
Figura nº 4 – Representação da flexão A (ângulo= 90°) e de extensão B (ângulo= 0°) da posição de prancha	21
Figura nº 5 – Sujeito nº 3 com as marcas colocadas	21
Figura nº 6 – Simulador com as marcas colocadas	22
Figura nº 7 – Amplitude Intersegmentar Pélvis-Coxa no plano Sagital. Sujeito nº 6	30
Figura nº 8 – Amplitude Intersegmentar Pélvis-Coxa no plano Sagital. Sujeito nº 2	31
Figura nº 9 – Amplitude Intersegmentar Tronco-Pélvis no plano Sagital. Sujeito nº 3	32
Figura nº 10 – Amplitude Tronco-Coxa no plano Sagital. Sujeito nº 6	33
Figura nº 11 – Velocidade angular intersegmentar Pélvis-Coxa no plano Sagital. Sujeito nº 6	33
Figura nº 12 – Velocidade angular intersegmentar Tronco-Coxa no Plano Sagital. Sujeito nº 6	35
Figura nº 13 – Velocidade angular intersegmentar Tronco-Pélvis no plano Sagital. Sujeito nº 2	36
Figura nº 14 – Velocidade angular intersegmentar Tronco-Pélvis no plano Sagital. Sujeito nº 2	37
Figura nº 15 – Amplitude intersegmentar Pélvis-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 6	38
Figura nº 16 – Amplitude intersegmentar Pélvis-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 4	38
Figura nº 17 – Amplitude intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Frontal. Sujeito nº 4	40
Figura nº 18 – Amplitude intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Frontal. Sujeito nº 3	40
Figura nº 19 – Amplitude intersegmentar Tronco-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 6	42
Figura nº 20 – Amplitude intersegmentar Tronco-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 5	42
Figura nº 21 – Velocidade angular intersegmentar Pélvis-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 3	43
Figura nº 22 – Velocidade angular intersegmentar Pélvis-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 5	43
Figura nº 23 – Velocidade angular intersegmentar Pélvis-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 6	44
Figura nº 24 – Velocidade angular intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Frontal. Sujeito nº 5	45
Figura nº 25 – Velocidade angular intersegmentar Tronco- Pélvis no Plano Frontal. Sujeito nº 6	45
Figura nº 26 – Velocidade angular intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Frontal. Sujeito nº 3	46
Figura nº 27 – Velocidade angular intersegmentar Tronco-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 5	47
Figura nº 28 – Amplitude intersegmentar Pélvis-Coxa no Plano Longitudinal. Sujeito nº 5	48
Figura nº 29 – Amplitude intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Longitudinal. Sujeito nº 3	49
Figura nº 30 – Amplitude intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Longitudinal. Sujeito nº 5	49
Figura nº 31 – Amplitude intersegmentar Tronco-Coxa no Plano Longitudinal. Sujeito nº 2	51
Figura nº 32 – Amplitude intersegmentar Tronco-Coxa no Plano Longitudinal. Sujeito nº 3	51
Figura nº 33 – Velocidade angular intersegmentar Pélvis-Coxa no Plano Longitudinal. Sujeito nº 6	52
Figura nº 34 – Velocidade angular intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Longitudinal. Sujeito nº 6	53
Figura nº 35 – Vistas Sagital Posterior e Frontal das várias fases do “Ciclo de Prancha”; gráficos das coordenadas X (Plano Sagital) e Y (Plano Frontal) do ângulo Tronco/Coxa	55
Figura nº 36 – (Sujeito nº 1) Os gráficos representam de cima para baixo: a) amplitude tronco-	56

coxa plano sagital; b) amplitude tronco- coxa plano frontal; c) EMG reto femural direito; d)reto femural esquerdo	
Figura nº 37 – (Sujeito nº 5) Os gráficos representam de cima para baixo: a) amplitude tronco-coxa plano sagital; b) amplitude tronco- coxa plano frontal; c) EMG reto abdominal direito; d) EMG reto abdominal esquerdo	57
Figura nº 38 – (Sujeito nº 3) Os gráficos representam de cima para baixo: a) amplitude tronco-coxa plano sagital; b) amplitude tronco- coxa plano frontal; c) EMG abdominal oblíquo direito; d) EMG abdominal oblíquo esquerdo; e) EMG dorsal esquerdo	57
Figura nº 39 – (Sujeito nº 6) Os gráficos representam de cima para baixo: a) amplitude tronco-coxa plano sagital; b) amplitude tronco-coxa plano frontal; c) EMG reto femural direito; d) EMG reto femural esquerdo; e) EMG vasto externo esquerdo	58
Figura nº 40 – (Sujeito nº 2) Os gráficos representam de cima para baixo: a) amplitude tronco-coxa plano sagital; b) amplitude tronco-coxa plano frontal; c) EMG reto abdominal direito; d) EMG reto abdominal esquerdo	59
Figura nº 41 – (Sujeito nº 1) Os gráficos representam de cima para baixo: a) amplitude tronco-coxa plano sagital; b) amplitude tronco-coxa plano frontal; c) EMG abdominal oblíquo direito; d) EMG abdominal oblíquo esquerdo; e) EMG dorsal esquerdo	60
Figura nº 42 – (Sujeito nº 3) Os gráficos representam de cima para baixo: a) amplitude tronco-coxa plano sagital; b) amplitude tronco-coxa plano frontal; c) EMG abdominal oblíquo direito; d) EMG abdominal oblíquo esquerdo; e) EMG dorsal esquerdo	60
Figura nº 43 – (Sujeito nº 5) Os gráficos representam de cima para baixo: a) amplitude tronco-coxa plano sagital; b) amplitude tronco-coxa plano frontal; c) EMG reto femural direito; d) EMG reto femural esquerdo; e) EMG vasto externo esquerdo	61
Figura nº 44 – (Sujeito nº 5) Os gráficos representam de cima para baixo: a) amplitude tronco-coxa plano sagital; b) amplitude tronco-coxa plano frontal; c) EMG reto abdominal direito; d) EMG reto abdominal esquerdo	62
Figura nº 45 – (Sujeito nº 3) Os gráficos representam de cima para baixo: a) amplitude tronco-coxa plano sagital; b) amplitude tronco-coxa plano frontal; c) EMG abdominal oblíquo direito; d) EMG abdominal oblíquo esquerdo; e) EMG dorsal esquerdo	63
Figura nº 46 – (sujeito nº 6) Os gráficos representam de cima para baixo: a) amplitude tronco-coxa plano sagital; b) amplitude tronco-coxa plano frontal; c) EMG abdominal oblíquo direito; d) EMG abdominal oblíquo esquerdo; e) EMG dorsal esquerdo	63
Figura nº 47 – (Sujeito nº 6) Os gráficos representam de cima para baixo: a) amplitude tronco-coxa plano sagital; b) amplitude tronco-coxa plano frontal; c) EMG reto femural direito; d) EMG reto femural esquerdo; e) EMG vasto externo esquerdo	64
Figura nº 48 – (Sujeito nº 6) Os gráficos representam de cima para baixo: a) amplitude tronco-coxa plano sagital; b) amplitude tronco-coxa plano frontal; c) EMG reto abdominal direito; d) EMG reto abdominal esquerdo	65
Figura nº 49 – Amplitude Intersegmentar Tronco-Coxa no plano Sagital, sujeito nº 3	69
Figura nº 50 – Amplitude Intersegmentar Tronco-Coxa no plano Sagital, sujeito nº 2	70
Figura nº 51 – Amplitude Intersegmentar Tronco-Coxa no plano Sagital, sujeito nº 4	70
Figura nº 52 – Valores de mediana de frequência de EMG do reto femural esquerdo durante a isometria pré-tarefa e pós-tarefa, por sujeito	71
Figura nº 53 – Mediana de valores de activação do reto femural esquerdo, sujeito nº6. Indicador de presença de fadiga	72
Figura nº 54 – Fase Neutra Inicial do Ciclo de Prancha	76
Figura nº 55 – Fase Descendente do Ciclo de Prancha	77
Figura nº 56 – Fase Ascendente (final) do Ciclo de Prancha	78
Figura nº 57 – (Nova) Fase Neutra do Ciclo de Prancha	80

## Índice de Tabelas

Tabela nº 1 – Organização dos eléctrodos	20
Tabela nº 2 – Colocação das marcas cinemáticas por segmentos estudados	23
Tabela nº 3 – Número de repetições de Ciclo de Prancha por sujeito por intervalo	66
Tabela nº 4 – Valores médios e desvio padrão das medianas de frequência de EMG de retos abdominais e abdominais oblíquos direito e esquerdo, da amostra analisada	72



# Resumo

---

Este estudo teve como objectivo a descrição cinemática da prancha bem como a descrição electromiográfica (EMG) de alguns músculos intervenientes no movimento de prancha. Foi também objectivo conhecer as alterações de cariz biomecânico e electromiográfico, induzidas pela fadiga, durante a replicação de uma perna de bolina na classe Laser.

O estudo efectuado em ambiente laboratorial comportou uma contracção estática isométrica de referência no período Pré e Pós tarefa, sendo esta uma perna de bolina (aprox. 18 min). A amostra seleccionada para o estudo experimental foi constituída por seis velejadores portugueses, com nível técnico de excelência nas classe Standart e/ou Radial. Para a realização do trabalho foi usado um simulador da embarcação Laser, utilizado pela equipa olímpica portuguesa no quadriénio 2004-2008. Na situação experimental foram recolhidos ângulos tridimensionais pelos segmentos: tronco, pélvis e coxas. Para recolha de dados electromiográficos foram estudados os seguintes músculos: grande dorsal esquerdo (DE), reto femural direito (RFD) e esquerdo (RFE), vasto externo esquerdo (VEE), reto abdominal direito (RAD) e esquerdo (RAE), abdominal oblíquo externo direito (AOD) e esquerdo (AOE). Foram estudados o 2º e o 17º minuto da perna de bolina com o intuito de comparar alterações decorrentes da fadiga induzida pela tarefa.

Na execução da perna de bolina foi identificada uma acção cinemática estável, a qual é comum aos vários velejadores indiciando a existência de uma acção cíclica.

De um modo geral verificou-se um aumento de amplitudes e velocidades angulares intersegmentares entre o 1º e o 2º intervalo estudado. Os valores da frequência mediana do EMG sugerem o aparecimento de fadiga no fim da perna de bolina, em todos os sujeitos, tendo os AOD e AOE obtido grandes níveis de activação neuromuscular. Pode-se inferir, através da identificação e caracterização, a importância dos AOD e AOE, e das componentes técnicas e físicas no ciclo de prancha, como ferramenta no processo de treino na classe Laser.

**Palavras chave:** Laser, ciclo de prancha, cinemática, electromiografia

# Abstract

---

The aim of this study was to analyze the kinematics and electromyography (EMG) of hiking. Biomechanics and EMG differences induced by fatigue in a replication of a first leg on a sailing race were also a goal. Common dynamics were identified in all subjects of the sample.

Six subjects took part in this study, all of them Portuguese high performance Laser sailors.

They performed a 30 seconds static hike position with a 10 kg mass on their chest, followed by 18 minutes of an up-wind effort, and a new static hike position for 30 seconds.

The Laser simulator was the same that was used by the Portuguese Olympic sailing team during the 2008 Beijing campaign.

The tridimensional angles formed by the trunk, pelvis and thigh were analyzed. Eight muscles were studied by surface electromyography, right and left rectus abdominis (RA), right and left obliquus abdominis (AO), right and left rectus femoris (RF), left vastos lateralis (VL) and left dorsali (D).

The analysis was made using the second and seventeenth minute of the up-wind leg.

Generally, the amplitude and the angular velocity were increased from the beginning to the end of the task. The median frequency of EMG suggests the appearance of fatigue on the end of the up-wind leg. AO show high levels of neuromuscular activation. These findings suggest high importance of this muscles on the hiking cycle and its importance in technical and physical improvements and training process.

**Keywords:** Laser class, hiking, kinematics, electromiography

# 1 - Introdução

---

## 1.1. Revisão da Literatura

O termo *yatch* tem origem holandesa e data do século XVII. Foi pelas mãos do Rei Carlos II que chegou ao Reino Unido, tendo a primeira competição sido realizada, em 1661, entre o próprio rei e o Duque de York. Desde então tornou-se numa actividade desportiva muito popular, praticada tanto em pequenas reservas de água tais como barragens, como em mar aberto e oceanos [16].

A vela foi modalidade olímpica pela primeira vez em 1900, tanto podendo ser praticada em pequenas embarcações (*dyngbies*), ou em pranchas (*raceboards*), como em embarcações de maiores dimensões, com quilha e tripulação numerosa (*keel-boats*) [16].

A vela foi durante muito tempo uma actividade considerada pela comunidade científica de baixa necessidade energética, comparada à jardinagem [16] [6].

Nos nossos dias a vela é praticada tanto como actividade de recreação, aos fins de semana, assim como modalidade olímpica quando praticada ao mais alto nível.

Em qualquer modalidade desportiva a especificidade das tarefas e a sua correcta execução estão muitas vezes associadas ao sucesso ou insucesso desportivo, sendo igualmente um factor determinante quer na aprendizagem, quer em níveis de prática onde a exigência é superior. A vela não é excepção, sendo fundamental executar e dominar todas as técnicas e movimentos específicos da modalidade e, por conseguinte de cada classe, permitindo ao velejador retirar o máximo rendimento das mesmas e adequá-las aos diversos factores que condicionam a prática deste desporto. Pode-se afirmar que existe uma necessidade constante na adaptação às condições do vento, do mar e ainda em relação aos outros velejadores, esta última quando a prática é realizada na vertente de competição. Nesta vertente há diversas condições das quais dependem de forma inequívoca o sucesso ou insucesso do competidor: design da embarcação e da vela; o estado do mar e intensidade do vento; a tática e o trabalho de equipa (barcos de

2 ou mais tripulantes); a condição física do velejador; as capacidades técnicas e psicológicas.

Existem diversas classes e categorias, dependendo do tipo de casco. A classe Laser é uma classe bastante popular, sendo modalidade Olímpica desde os Jogos Olímpicos de Atlanta, em 1996. Em geral, esta classe, caracteriza-se por ser uma embarcação de pequenas dimensões e, segundo Legg *et. al.* [8], por ser uma disciplina bastante exigente do ponto de vista físico. Numa regata da classe *Laser*, um velejador permanece, segundo Schütz *et al.* [15], citado por Ruschel *et al.* [14], cerca de 50% da totalidade da mesma em posição de prancha (*hiking*) [16].

A posição de prancha é um movimento importante que permite ao velejador equilibrar o barco quando o vento, acima dos 8/10 nós, sopra de lado em relação à vela, permitindo que o barco se desloque em ângulos e velocidades que seriam impossíveis sem a adopção dessa posição. Esta posição é ainda a principal responsável pelo equilíbrio do barco, evitando que o barco se vire.

Tendo em conta a importância desta posição, torna-se então fundamental que o velejador realize e se mantenha, segundo Besier e Sanders [1], citados por Menezes [10], em posições estáticas durante um longo período de tempo e realize ainda extensões e rotações rápidas para alteração do seu posicionamento, tendo em vista o controlo da embarcação. É também descrito o movimento dos membros superiores no trabalho dos cabos que comandam directamente a vela (escota). A este trabalho dinâmico, que permite ajustar a cada instante a vela relativamente à força do vento e ao ângulo que a embarcação faz com a direcção do vento, dá-se o nome de *triming* [9].

Para Maisseti *et al.* [1], citado por Menezes [10], a posição das articulações e dos segmentos corporais do velejador varia de acordo com a intensidade do vento, sendo desde logo interessante verificar as variações da posição de prancha em diferentes intensidades de vento bem como o efeito que a fadiga produz na correcta execução dos movimentos supracitados. É possível dizer-se que quanto maior é a intensidade de vento, maior é o esforço realizado pelos velejadores na posição de prancha, de modo a poder contrapor a força que o vento exerce sobre a vela.

Na posição de prancha (*hiking*), o velejador encontra-se suspenso, estando o seu corpo fora da embarcação. Os pés estão fixos e a parte posterior da coxa assenta na

borda externa do barco, enquanto os gémeos assentam no bordo interno da borda do barco.

Ao suportar o peso do seu corpo no trem inferior, o velejador tem grandes níveis de desgaste energético como é referenciado por Blackburn [2] e Spurway [17]. Estes mesmos autores e Cunningham [4] referem a importância da parte aeróbica no movimento de prancha. Todos estes trabalhos permitem hoje em dia afirmar de forma segura o grande nível de esforço necessário para executar de forma correcta a posição de prancha.

O velejador consegue oscilar o seu tronco, já que o trem inferior está fixo, tanto no sentido lateral em relação ao barco (plano sagital do indivíduo), onde o tronco fica mais perto da linha de água ou mais no interior da embarcação, podendo ainda movê-lo no sentido proa/popa do barco (plano lateral do indivíduo).

Esta movimentação e esta posição dependem essencialmente das condições do mar e do vento. Em situações em que o mar se encontra mais agitado e em que há maior intensidade de vento, as amplitudes dos movimentos realizados são maiores.

A figura nº 1 demonstra de uma forma esquematizada os pontos de aplicação das forças e o seu sentido, bem como a deslocação do centro de gravidade e de flutuabilidade da embarcação em condições de vento fraco (A) e em condições de vento forte (B).



Figura nº 1 – Aplicação das forças, em situação de vento fraco e vento forte (Schutz, 2006).

No vento de maior intensidade o Momento de Força (MF) do vento sobre a embarcação aumenta instantaneamente, para contra-pôr esse aumento, o velejador terá igualmente de aumentar a sua Força (F), que neste caso será o Peso. Sendo que  $MF = F$

x bf (braço de força) e como não é possível aumentar o peso do tripulante, resta aumentar o valor do bf do velejador. Isto acontece ao estender o seu corpo para fora da embarcação na posição de Prancha.

Numa competição de elevado nível (campeonatos Mundiais e Europeus) os velejadores realizam duas a quatro regatas por dia, durante sete dias seguidos, em que cada uma das regatas tem a duração aproximada de uma hora. Considerando as diversas manobras, que dependem directamente do ângulo que a embarcação faz com o vento, a manobra de bolina é a mais morosa e a que exige maior esforço por parte dos velejadores. Em média, uma perna de percurso de bolina tem entre 16 a 19 minutos, repetindo-se no mínimo por duas vezes. Tendo em conta o elevado desgaste da posição de prancha, necessária para um elevado desempenho nesta classe, é expectável que o efeito da fadiga se faça sentir ao longo do tempo e que tenha um efeito directo sobre o rendimento, diminuindo a capacidade do atleta na execução do movimento de prancha. A execução da posição de prancha de forma ineficaz faz com que não seja possível equilibrar a força que o vento exerce na vela, o que provoca o adornar da embarcação e consequentemente uma diminuição considerável na sua velocidade.

O estudo do movimento de prancha, bem como a sua relação directa com dados electromiográficos que ajudem na interpretação de possíveis alterações que ocorram durante uma perna de bolina, ainda não se encontram descritos em literatura científica. Ao nível do alto rendimento, onde a performance é uma constante e incessante procura pela melhoria do desempenho, é essencial conhecer o movimento de prancha, bem como possíveis alterações decorrentes da sua execução prolongada, que permitam à posteriori uma adequada prescrição do treino.

Para avaliação biomecânica de movimentos, âmbito em que se situa o presente trabalho de investigação, é frequente e apropriado o recurso a sistemas de análise de imagem bem como ao uso de electromiografia.

## 1.2. Análise Cinemática

A análise cinemática é frequente em acções de visualização com vista à melhoria do desempenho. O recurso à imagem com o objectivo de melhoria do desempenho é frequentemente usado no desporto de alto rendimento, sendo transversal a qualquer modalidade. A vela, não sendo excepção, recorre à captura de imagens vídeo de pontos fulcrais da regata ou somente de técnicas inerentes e específicas de cada embarcação.

Na generalidade das classes olímpicas os atletas efectuem movimentos como cambar, virar de bordo, orçar, arribar, manusear afinações dinâmicas, cuja execução tem um enorme peso no rendimento do barco. Na classe Laser, além de todos os movimentos acima referidos, existe a necessidade de manutenção do equilíbrio, conseguido através da posição de prancha que comporta também movimentos específicos de rotação do tronco. Estes movimentos ajudam o barco a passar as ondas, quer na subida quer a descida das mesmas, com o objectivo de manter a velocidade máxima de navegação o mais constante.

A análise do movimento através de vídeo é feita em projecções planares (duas dimensões), sendo uma análise bidimensional (2D), não detendo portanto muita precisão.

Na recolha a três dimensões (3D), são necessárias no mínimo duas câmaras, embora hoje em dia seja usado um número bem maior de câmaras de alta definição. Estas funcionam em complementaridade, sendo necessário que todas saibam a sua posição em relação às demais e em relação ao referencial do laboratório. Isto é conseguido através de *control points*, que definem o referencial do laboratório. No mínimo são necessários seis pontos não coplanares embora actualmente se use frequentemente mais de vinte. Este processo de reconhecimento de cada câmara acerca da posição das outras câmaras é efectuado durante a calibração do mesmo [7].

Do ponto de vista matemático, a cinemática 2D utiliza a álgebra e a trigonometria enquanto a análise 3D recorre também a operações vectoriais e a matrizes algébricas [7].

Durante a recolha 3D é fundamental definir dois referenciais, um referencial global (*global coordinate system-GCS*) e um local (*local coordinate system-LCS*). O

primeiro é também reconhecido como referencial de inércia e define o espaço laboratorial que envolve a recolha. A origem é arbitrária e os eixos funcionam da seguinte forma: x- eixo médio-lateral; y- eixo antero-posterior; z- eixo vertical. Por sua vez, o LCS é habitualmente inerente a cada um dos segmentos em estudo e os seus eixos são orientados da seguinte forma: x- eixo médio-lateral; y- eixo antero-posterior; z- eixo axial [7].

Outro dos conceitos chave, quando se fala de análise tridimensional, é o tratamento do corpo humano como se de uma estrutura formada por segmentos rígidos se tratasse. Para a marcação dos segmentos, usa-se marcas que delimitam a articulação e, por conseguinte, o início e o *terminus* de cada segmento. Usa-se um mínimo de três marcas não colineares sobre o segmento, para visualização deste durante o movimento. Existe uma via de execução na colocação de marcas que daria fiabilidade de que estas estariam em segmentos rígidos: a sua colocação directamente nos ossos. Como, obviamente, esta hipótese é altamente invasiva e de extrema agressividade, o método não é praticado, pelo que toda a análise 3D detém uma margem de erro, previamente prevista e calculada [7].

A análise tridimensional do movimento é considerada uma ferramenta essencial no estudo do movimento na área do desporto, sendo aplicada com grande frequência em estudos tanto de lesões como de melhoria da performance. Muitos investigadores deram grande ênfase ao estudo do movimento na corrida, por esta estar frequentemente associada a lesões e por ser praticada por um grande número de pessoas a nível mundial, quer como modalidade quer como actividade desportiva de recreação [11].

A massificação do estudo do movimento deu-se também noutras modalidades como o golfe, o remo, o cricket, o baseball e como não podia deixar de ser, o “desporto das massas”, o futebol. Na vela este género de estudos foi também executado, todavia de forma muito ténue e em pequena quantidade, com vista essencialmente ao estudo preventivo e correctivo de possíveis causas de lesão, tais como hérnias disciais ou mais genericamente descritas como dores de costas.

Para a execução de uma recolha de dados para análise tridimensional do movimento é necessário ter em linha de conta uma série de procedimentos:



- Regular o diafragma das lentes usadas, uma vez que este determina a quantidade de luz que atravessa a lente.
- Determinar as dimensões e volume da captura para que este seja o menor possível. Quanto maior o volume menor será a resolução das imagens.
- Colocar as câmaras à volta do volume de captura. Estas terão de estar dispostas de modo a captarem a totalidade e o maior número de marcas. Isto faz com que se tente minimizar a recolha de imagens de “espaços mortos”, onde as imagens recolhidas estão desprovidas de funcionalidade imaginalógica.
- Sincronizar com outro *hardware* como a plataforma de força ou a electromiografia que também usem o canal analógico na recolha de dados.
- Calibrar o sistema de câmaras que concerne dois passos, calibração estática onde se usa um referencial, seguida de um momento dinâmico onde habitualmente se usa uma batuta com marcas que delimita o volume da recolha.
- Verificar eventuais objectos reflectores tais como outras câmaras.
- Determinar quais os tipos de marcas que melhor se ajustam aos movimentos que se prevêem ser fundamentais.
- Colocar correctamente as marcas em função dos marcadores necessários para descrever a posição e orientação dos segmentos em estudo, tendo em conta os movimentos a realizar pelos sujeitos duante a tarefa.

### **1.3. Electromiografia (EMG)**

A electromiografia (EMG) é uma técnica que permite avaliar a propagação à superfície da pele da actividade eléctrica produzida pelos músculos esqueléticos. São usados eléctrodos que detectam o potencial de acção gerado por unidades motoras aquando da sua activação neurológica. Este potencial, detectado de forma repetida, referente a várias unidades motoras (MUAP), forma, após o seu somatório, o sinal mioeléctrico [3]. Este sinal, após ter sido filtrado e amplificado, designa-se por sinal electromiográfico, que uma vez gravado é representado sob a forma de electromiograma.

Existem factores que influenciam o sinal electromiográfico. Segundo De Luca [5] estes podem ser agrupados em *causativos*, *intermediários* e *determinísticos*.

Os factores *causativos* subdividem-se em extrínsecos e intrínsecos. Os factores extrínsecos caracterizam-se segundo variáveis como o tamanho e a forma dos eléctrodos, a distância entre eles, a sua localização e orientação face ao músculo. Os factores intrínsecos caracterizam-se pela composição das fibras musculares, pelo diâmetro das fibras musculares e pela quantidade de tecidos existentes entre a superfície do eléctrodo e o músculo.

O volume de detecção dos eléctrodos bem como a existência de *cross-talk* de músculos adjacentes são considerados factores *intermediários*. Estes últimos são influenciados pelos primeiros supracitados. Por conseguinte, são os factores *intermediários* a influenciar os *determinísticos*, sendo eles a amplitude, a duração e a forma do potencial de acção das unidades motoras (MUAP) [5].

Os resultados obtidos através de electromiografia podem ser usados para detecção de anomalias do foro médico - electromiografia clínica; avaliar níveis de activação e recrutamento das fibras musculares ou para análise do movimento do ponto de vista biomecânico - electromiografia cinesiológica. Nesta última vertente destaca-se a compreensão acerca da função de determinado músculo num exercício complexo ou até a quantificação de fadiga muscular [5].

Na electromiografia podem distinguir-se dois métodos de identificação: a EMG de superfície, onde os eléctrodos são colocados à superfície muscular sobre a pele, e a EMG intramuscular, onde os eléctrodos são introduzidos com uma agulha fina, através da pele, sobre o tecido muscular. Este segundo método é a única via de estudo electromiográfico de músculos não superficiais ou profundos. Trata-se, porém, de um método invasivo.

No processo de recolha o espectro de recolha habitualmente usado é o 0-1000Hz, sendo normalmente acima do dobro da frequência máxima de sinal espectável. Esta duplicação, no que respeita à amplitude de frequência de sinal, bem como o recurso a filtro para frequências mais baixas, fazem com que se elimine o ruído de sinal, deixando antever melhores resultados de EMG.

## 1.4. Apresentação do Problema

O movimento de prancha pode ser decomposto em três componentes, no *plano sagital*, no *plano frontal* e no *plano longitudinal*, sendo que cada um deles tem um efeito na embarcação.

A acção do indivíduo no *plano sagital* permite equilibrar a força do vento exercida sobre a vela da embarcação, permitindo um controlo num eixo proa/popa do casco.

A acção que é exercida no *plano frontal* permite a rotação da embarcação segundo um eixo través/través, que vai ter como consequência o levantar da proa de modo a “tirá-la da onda” (impede que esta bata de frente na onda), minimizando o risco da embarcação perder velocidade.

Uma terceira componente do movimento de prancha é a acção segundo o *eixo longitudinal* do indivíduo. Esta última componente pensa-se poder estar associada aos movimentos de leme e escota que são necessários à navegação controlada da embarcação sem perda de rendimento.

Na classe Laser é fulcral que a condução da embarcação seja efectuada de forma a manter o equilíbrio de forma constante. Sabe-se que a intensidade e direcção do vento são factores variáveis que necessitam de uma constante acção de adaptação por parte do velejador. Em função das condições climáticas existentes, o atleta tem o papel preponderante no rendimento do barco; acções como bombear (puxar a vela propulsionando o barco), adornar (inclinar o barco segundo o eixo proa/popa), executar manobras em *roll-tack* (virar de bordo ou cambar com o adornar do barco para barlavento) ou somente responder face ao aumento da intensidade momentânea da intensidade do vento (aumento da extensão da posição de prancha) são exemplos de acções que requerem a intervenção do velejador. Pode-se afirmar que nesta classe os movimentos desenvolvidos pelo atleta são de suma importância na obtenção de um elevado rendimento da embarcação.

Sabe-se que os velejadores desta classe referem frequentemente o lado esquerdo como lado de maior desgaste e dor muscular, essencialmente ao nível do quadríceps. Este facto é explicado não só por ser o lado em que os velejadores largam nas regatas mas também nas aproximações às bóias de barlavento (BAR), isto é, amurados a estibordo (EB). Tanto a largada como as aproximações às bóias são momentos decisivos

das regatas, de grande explosão, como tal de grande intensidade no que toca ao esforço físico. O prolongar do bordo de largada faz do navegar amurado a estibordo um momento de maior intensidade e muitas vezes de maior tempo no total de tempo de regata. Porém, segundo o estudo electromiográfico de *Maissetti* [12], que procedeu à comparação entre populações de velejadores “*hikers*” e “*non-hikers*”, é possível inferir um menor desgaste, menor fatigabilidade nos velejadores “*hikers*” ao nível da coxa esquerda. Sendo este um estudo em que a posição de prancha teve um carácter isométrico, é possível pensar-se que os músculos mais treinados (lado esquerdo) terão maior resistência ao aparecimento de fadiga.

Com esta decomposição do movimento, espera-se que no desenrolar da tarefa, devido ao aparecimento de fadiga, se verifique um défice em uma ou mais destas componentes, comprometendo a amplitude e velocidade do mesmo e consequentemente o rendimento.

## 1.5. Caracterização do “Ciclo de Prancha”

Durante o Movimento Dinâmico de Prancha na classe Laser os velejadores executam determinados movimentos transversais a todos os elementos desta amostra.

Designado neste estudo como “ciclo de prancha”, este movimento é constituído por uma fase *Neutra*, na qual o velejador tem o tronco numa posição mais flectida no plano sagital e em posição neutra face ao eixo do Y (plano frontal). É seguido por uma fase *Descendente*, na qual o tronco faz uma extensão no plano sagital e uma flexão à esquerda, no sentido da popa da embarcação. A fase seguinte é a *Ascendente*, na qual os atletas voltam a efectuar uma flexão de tronco no plano sagital e uma nova passagem pela posição Neutra do plano frontal, terminando esta fase com o tronco em flexão para a direita (sentido da proa do barco), voltando de seguida à posição *Neutra* (nova fase Neutra).



Figura nº 2 – Posição de Prancha em Condição Real. Da esquerda para a direita: Fase Neutra; Fase Descendente; Fase Ascendente (final).

## 1.6. Definição do Problema

Sendo o momento de força aplicado no movimento de prancha o principal factor que determinará se o indivíduo consegue contra-pôr a força exercida pelo vento sobre a vela e levantar a proa da embarcação com êxito, é necessário verificar a velocidade e o deslocamento angular do indivíduo no plano frontal, no plano sagital e no eixo longitudinal, assim como identificar os músculos mais solicitados durante o movimento.

Para esse efeito pretendeu-se analisar o deslocamento angular realizado pelos segmentos pélvis – coxa esquerda, tronco - pélvis, tronco – coxa esquerda, bem como a activação neuromuscular dos músculos envolvidos na acção. São eles: retos femorais direito e esquerdo, vasto externo esquerdo, retos abdominais direito e esquerdo, abdominais oblíquos direito e esquerdo e grande dorsal esquerdo.

Este trabalho tem como objectivo a definição da amplitude e do deslocamento angular das componentes que constituem o movimento de prancha. Sendo que a amplitude é determinante na quantidade de energia que é transmitida do indivíduo para a embarcação, será pertinente estudar alterações na amplitude do movimento de prancha desde o início da tarefa até à exaustão.

Perante a necessidade da existência de uma avaliação científica de todos os processos acima descritos, não só para melhor compreensão, como também tendo em

vista o aumento do rendimento dos velejadores desta classe, definiu-se a seguinte questão de partida:

Quais as alterações cinemáticas, cinéticas e de actividade muscular, ao longo de uma perna de bolina, na embarcação da classe Laser, por efeito da fadiga?

De acordo com a questão de partida acima explicitada foram estabelecidos os seguintes objectivos gerais e específicos.

### **1.7. Objectivo Geral**

De acordo com a problemática, definiu-se para este estudo o seguinte objectivo geral:

- Descrever a cinemática e a actividade muscular dos velejadores da classe Laser durante a posição dinâmica de prancha.

### **1.8. Objectivos Específicos**

- Descrever o movimento dinâmico de prancha na classe Laser de acordo com os seguintes parâmetros:
  - a. Ângulo entre os segmentos Tronco, Pélvis e Coxa;
  - b. Activação neuromuscular da parede abdominal, coxas e zona dorsal.
- Identificar as alterações ocorridas durante o decorrer de uma perna de bolina no que respeita ao ângulo e activação neuromuscular;
- Avaliar as alterações de activação neuromuscular em contracção isométrica de referência (CIR) antes e após a execução da tarefa.
- Identificar dinâmicas comuns dos velejadores da amostra em questão.

## **1.9. Pertinência do Estudo**

Sabe-se que a embarcação da classe Laser é definida como uma classe onde a exigência física imposta ao velejador é um factor determinante no sucesso ao nível do rendimento. Nesta embarcação o atleta tem a cada momento de contra-pôr a força do vento exercida sobre a vela de modo a conduzir o seu barco sem este adornar. O movimento de prancha é o meio através do qual os velejadores conseguem manter o Laser paralelo face à linha de água.

Existem ainda diversas acções que são exigidas ao velejador de alta performance, bombear, caçar, folgar, fazer face a uma refrega e elevar a proa para que esta não bata na onda são acções que decorrem durante uma regata.

Cada regata é constiuída por três mareações diferentes: bolina, largo e popa, sendo a primeira anteriormente referida o alvo deste estudo. Nesta mareação o velejador navega com o menor ângulo entre a proa da embarcação e a direcção do vento. É descrita como a mareação de maior exigência física e a mais estudada até à data.

O movimento de prancha não está descrito na literatura científica do ponto de vista cinemático, estando as abordagens electromiográficas confinadas a abordagens da posição de prancha e não do seu movimento.

Considerando o estado da arte, o presente estudo é pioneiro, esperando-se que contribua para o aumento do conhecimento acerca da temática da vela, com particular utilidade na vertente do treino desportivo, podendo traduzir-se na elevação do rendimento na vela, especificamente na classe Laser.

## **1.10. Pressupostos e Limitações do Estudo**

Na realização deste trabalho foram considerados os seguintes pressupostos:

- A- A selecção da amostra foi constituída por seis velejadores que velejam na classe Laser, tendo obtido classificações dentro dos três primeiros em Campeonatos de Portugal. Todos eles atletas de alto rendimento da Federação Portuguesa de Vela

que obtiveram resultados de mérito em Campeonatos do Mundo, da Europa ou provas do Circuito Europeu.

B- A simulação de uma perna de bolina em ambiente laboratorial tentou recriar ao máximo o ambiente vivenciado em condição real, tendo os sujeitos tido reforço positivo durante a tarefa e estímulo externo com o acompanhamento visual de uma filmagem efectuada para o efeito.

No entanto, a realização deste estudo acarreta algumas condicionantes que podem interferir na validade dos resultados.

A- Este estudo replica uma perna de bolina em determinadas condições de vento e mar, não sendo possível generalizar os resultados a condições demasiado diferentes.

B- O facto de ser uma replicação é por si só um facto limitante do estudo. Porém, o vídeo apresentado como referência para replicação refere-se a um treino, o que faz com que o ambiente simulado não seja o competitivo. Isto implica alguma margem de discussão acerca dos resultados que poderiam ser obtidos se fosse uma recolha em que para estímulo visual se recorresse a um vídeo em competição. Denote-se que em competição é determinantemente proibido uma embarcação a motor aproximar-se a menos de 100 metros do campo de regata, inviabilizando a recolha de imagens vídeo.

C- O simples facto de este ser um estudo pioneiro acarreta sempre alguma limitação na sua execução e deixa margem ao seu posterior aperfeiçoamento.



## 2 - Metodologia

---

### 2.1. *Setup Experimental*

Tendo como objectivo caracterizar do ponto de vista cinemático e electromiográfico as alterações decorrentes da execução de uma perna de bolina na classe Laser, com ventos médios, e não sendo possível efectuar a recolha em condição real, o presente estudo foi desenvolvido com base numa metodologia experimental que de seguida se explicita.

Foi feita a recolha de imagens de uma perna de bolina em condição real com vista a ser replicada pelos sujeitos em laboratório.

Foi utilizado um simulador de uma borda de uma embarcação da classe Laser, que foi devidamente fixado à plataforma de medição de forças do Laboratório de Biomecânica da FMH-UTL. No simulador foram previamente colocadas marcas para a captura tridimensional.

O referido simulador foi colocado no centro do laboratório, rodeado pelas câmaras de alta resolução, com uma tela onde foi projectado o vídeo da perna de bolina em condição real.

Cada sujeito foi medido e pesado aquando a sua chegada. Os indivíduos foram depilados nas zonas necessárias à colocação dos electrodos. Foram colocadas marcas para captura tridimensional e eléctrodos no corpo dos sujeitos.

Os velejadores tiveram cinco minutos para aquecimento e adaptação ao simulador, bem como para afinação da cinta de prancha à sua própria medida. De seguida procedeu-se à recolha de dados em posição de prancha estática com um halter de 10 Quilograma (Kg) durante 30 segundos (seg). Os sujeitos saíram da plataforma por completo e voltaram a entrar, pondo-se na posição de prancha e iniciando de imediato a replicação que era passada na tela. Todos os atletas tiveram iguais reforços positivos de voz, como teve o velejador filmado em condição real. Findo o período estabelecido para a perna de bolina o velejador executou novo intervalo de 30 seg em posição de prancha

de forma estática e com um halter de 10 kg ao peito. Para os dois momentos de prancha estática foram medidos aproximadamente 135° graus entre as pernas e o tronco, tendo feito os sujeitos a manutenção da posição. Terminado este último período de 30 seg os sujeitos puderam sair do simulador e a tarefa foi dada como concluída.

## **2.2. Caracterização da Amostra**

A amostra foi constituída por seis elementos. Todos eles velejadores, com idades a variar entre os 18 e os 35 anos (Média = 23,3). Altura e peso compreendidas entre os 1,70/1,85m (Média= 1,77m) e os 64/81kg (Média = 75,6 kg) respectivamente. Todos eles são do sexo masculino e foram escolhidos tendo em conta o seu alto nível técnico, demonstrado também pelos resultados por si alcançados na classe Laser quer a nível nacional, quer com resultados de excelência no panorama internacional (Campeonatos do Mundo e da Europa). O nível técnico é de fulcral importância para o correcto desempenho da tarefa, sendo assencial a sua correcta execução para posterior avaliação.

Desta forma garantiu-se que a população da amostra detinha competências técnicas que permitiam a realização deste estudo.

## **2.3. Recolha de Dados**

A situação experimental foi neste estudo constituída por uma simulação de uma perna de bolina. Não sendo possível a recolha de dados em condição real e em competição, foi feita a filmagem de uma perna de bolina por parte de um velejador português, à data campeão de Portugal da Classe. Os sujeitos da amostra reproduziram em laboratório a perna de bolina, com recurso à filmagem para reprodução da mesma.

### **2.3.1. Electromiografia (EMG)**

Na electromiografia usa-se diferenças de potencial eléctrico das fibras musculares associadas à sua contracção. Os eléctrodos detectam a diferença desse potencial à superfície da pele.

Para a colocação dos eléctrodos é necessário efectuar a preparação da pele, isto é, a zona de colocação é obrigatoriamente depilada e limpa com álcool de modo a evitar ruídos na captação de sinal.

O sistema usado para recolha de dados electromiográficos foi o *Delsys*, com transmissão *wireless*. Tem oito canais e por isso permite a identificação de oito músculos diferentes. São eles: reto abdominal direito, abdominal oblíquo externo direito, reto abdominal esquerdo, abdominal oblíquo externo esquerdo, reto femural direito, reto femural esquerdo, vasto externo esquerdo, grande dorsal esquerdo.

A recolha efectuou-se a uma frequência de 1000Hz, usando os eléctrodos *Trigno™ EMG Systems* com o hardware de dimensões 37mm x 26mm x 15mm e os eléctrodos de 1 cm. Dispôs-se os eléctrodos sobre a zona mediana dos respectivos músculos com orientação perpendicular às fibras musculares adjacentes [13]. Foi utilizado um filtro de passa alta de 30 Hz e um filtro passa baixa de 500 Hz.

Este sistema comporta grandes vantagens, como a ausência de ruído e a maior liberdade de movimentos por parte dos sujeitos que são exemplos de vantagens deste sistema. Devido à passagem de dados ser feita por *wireless* existe supressão de ruído que afecte os dados recolhidos. Igualmente ao não ter cabos, evita que os sensores se mexam durante a tarefa, causa de ruído. Outra das grandes vantagens do uso desta gama de eléctrodos passa pela distância entre eles. Sendo fixos, os dois eléctrodos a colocar em cada músculo nunca entrarão em contacto, evitando distorção de amplitude de sinal.

Este sistema de recolha electromiográfica foi sincronizado com os dados da recolha cinemática através de uma placa analógica. Sendo que o sistema *Delsys* tem um *delay* (atraso) conhecido de 48 milisegundos em relação aos dados cinemáticos, foi tido esse mesmo atraso em consideração aquando da sincronização.

A escolha preferencial pelos músculos do lado esquerdo do corpo deve-se a dois factores: em primeira instância ao facto do aparelho *Delsys* ter somente oito canais e, portanto, estes poderem ser usados unicamente em oito músculos diferentes; por conseguinte, definiu-se o lado esquerdo como mais importante, uma vez que todos os velejadores o referem como o lado de maior desgaste ao nível do trem inferior e abdómen.

Por estes motivos decidiu-se dar maior importância ao lado esquerdo do corpo dos velejadores, fazendo o estudo coincidir de forma pertinente com a experiência empírica de vários anos de treino e competição, numa aposta clara do investigador.

Foi feita uma contracção isométrica com carga adicional elevada, em posição de prancha, o que permite grande similitude com a condição real. Esta contracção isométrica de referência (CIR) permitiu, durante um período de tempo, que o sinal electromiográfico se mantivesse estável, em posição fixa de forma a fazer a análise de frequência de sinal e obter a mediana do mesmo. Isto possibilita a comparação de percentagens de activação entre indivíduos, ou no presente trabalho, entre músculos diferentes.

Esta determinação de CIR foi feita com recurso ao uso de uma peso de 10 kg, colocado sobre a zona anterior do peitoral dos sujeitos, com os segmentos tronco e coxa a formar um ângulo de 135 graus, tendo como eixo de medição o grande trocanter. Esta determinação permitiu também comparar a activação muscular entre o momento inicial e o momento final, após o realizar da tarefa (Fig. nº 3).

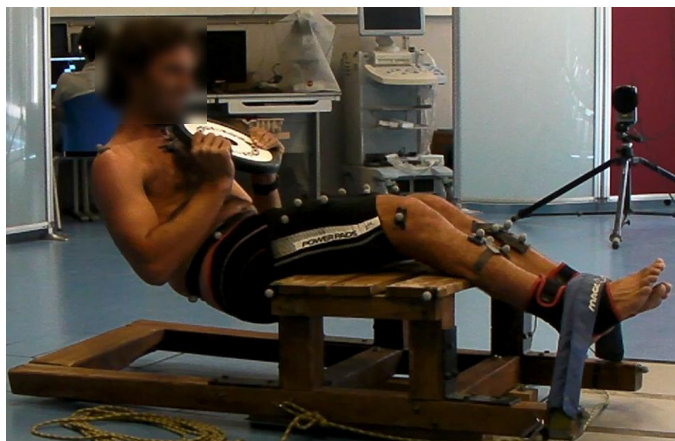


Figura nº 3 – Sujeito nº 3 em prancha isométrica

**Tabela nº 1 - Organização dos eléctrodos**

<b>Segmento</b>	<b>Local</b>	<b>Eléctrodos</b>
<b>Coxa direita e esquerda</b>	Reto femural (dto e esq)	2+1
	Vasto externo vasto externo esquerdo	
<b>Abdómen</b>	Reto abdominal (dto e esq)	2
	Oblíquo (dto e esq)	2
<b>Costas</b>	Grande dorsal esquerdo	1

### 2.3.2. Dados Cinemáticos

Foram colocadas 34 marcas para captura de imagem tridimensional: 18 no corpo dos sujeitos da amostra que delimitam segmentos e identificam articulações (Fig. nº 4); 10 marcas no simulador (Fig. nº 5); 6 marcas para substituição de *clusters* no tórax e abdómen. São usados mais 4 *clusters*: 2 na perna, no segmento entre a articulação tibiotársica e o joelho, e 2 nas coxas que, neste caso, se encontram embutidas nos *Power Pads*, isto é, réguas que os velejadores usam para a posição de prancha.

Os locais anatómicos de colocação das marcas foram os seguintes: duas marcas em cada uma das articulações tibiotársicas (zona interna e zona externa); duas marcas em cada joelho (côndilo lateral e medial); duas marcas na zona mediana do tronco, linha média lateral ao nível na última costela da grelha costal (separação entre abdómen e tórax); três marcas dispostas sobre o abdómen, dispostas aleatoriamente não colineares, na zona posterior do mesmo (substituem o *cluster*); três marcas sobre a porção anterior do tórax, dispostas aleatoriamente não colineares (substituem o *cluster*); duas marcas nos acrômios (delimitadoras da parte superior do tórax); duas marcas na crista ilíaca, uma de cada lado; duas marcas nas espinhas ilíacas antero-superiores (direita e esquerda); duas marcas nas espinhas ilíacas postero-superiores (direita e esquerda).

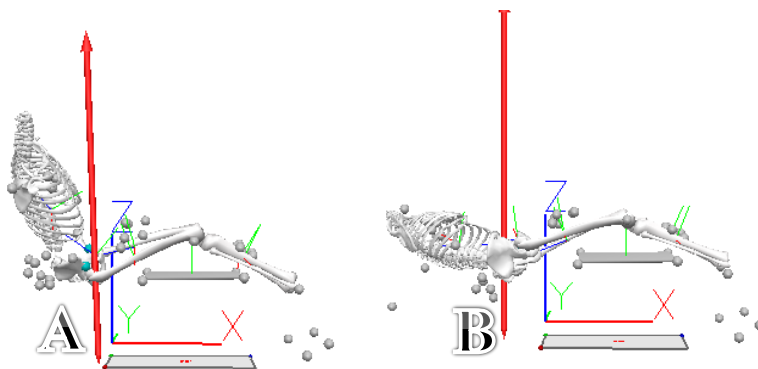


Figura nº 4 – Representação de flexão A (ângulo =  $-90^\circ$ ) e de extensão B (ângulo =  $0^\circ$ ) da posição de prancha.

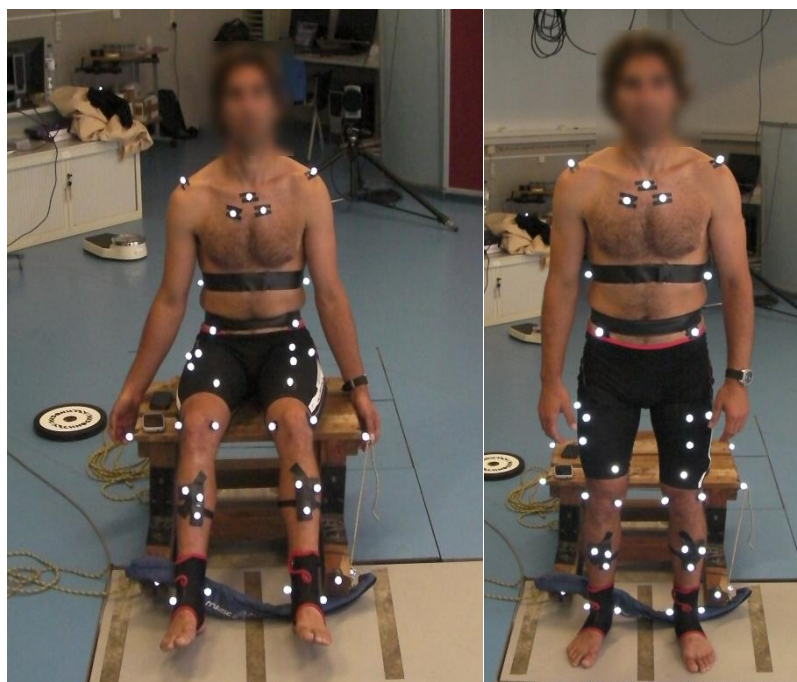


Figura nº 5 – Sujeito nº 3 com as marcas colocadas

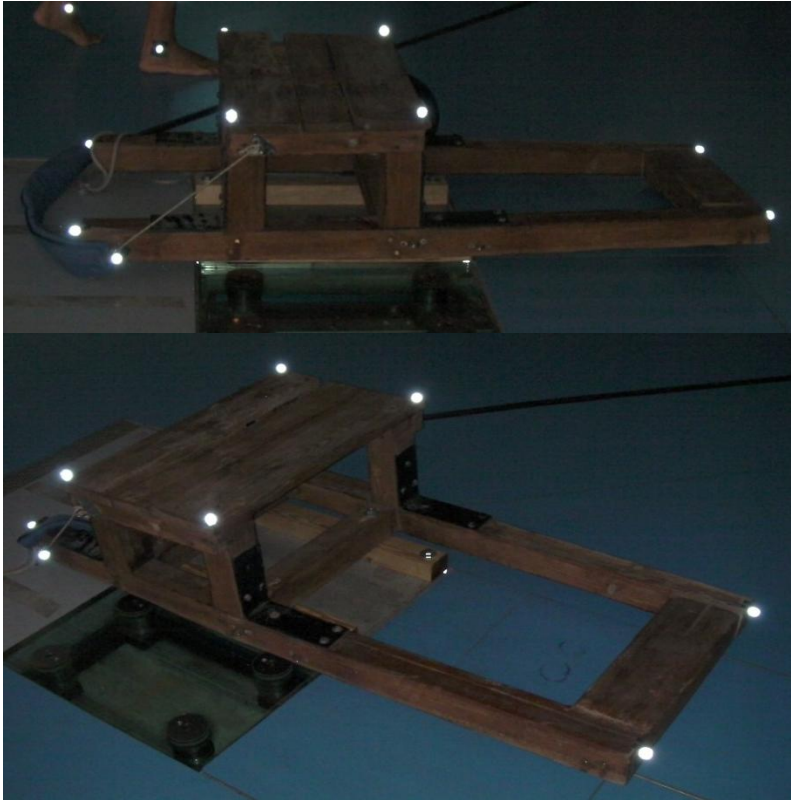


Figura nº 6 – Simulador com as marcas colocadas

### 2.3.3. Organização das marcas

As marcas são colocadas no indivíduo da forma indicada na tabela seguinte.

Tabela nº 2 - Colocação das marcas

Segmento	Local	Clusters/Marcas
<b>Perna</b>	Gémeo	2 <i>Clusters</i>
	Tornozelo	4 Marcas
<b>Coxa</b>	Coxa	2 <i>Clusters</i>
	Joelho (côndilo lateral e medial)	4 Marcas
<b>Pélvis</b>	Espinhas Superiores	
	(anteriores e posteriores)	6 Marcas
	Crista Ilíaca	
<b>Abdómen</b>	Zona abdominal	3 Marcas não colineares
<b>Tórax</b>	Externo	3 Marcas não colineares
	Acrómios (dto e esq)	2 Marcas
<b>Zona Dorsal</b>	Massa Comum	3 marcas não colineares

## 2.4. Procedimento Experimental

O indivíduo colocou-se na posição de prancha, assumindo uma posição isométrica com um halter de massa =10 Kg ao peito, durante 30 seg de forma a poder-se obter um registo de contracção voluntária máxima antes do exercício. De seguida sai da plataforma para que a plataforma de forças possa voltar a zeros. O indivíduo volta a entrar para proceder à execução da perna de bolina, seguindo para tal um vídeo de um experiente velejador em condição real. Esta replicação faz com que esteja presente na replicação laboratorial uma variabilidade de factores tais como a intensidade do vento e o tipo de mar. Assegurou-se no entanto a correcta replicação por parte dos sujeitos pelo seu elevado nível técnico.



Outra das questões que se prendem com a replicação em laboratório foi o facto de não ser possível efectuar viragens de bordo como se executa em condição real. Desta forma foi pedido aos sujeitos que elevassem o seu tronco até uma posição equivalente à entrada do velejador numa viragem de bordo, seguido de uma saída com extensão semelhante àquela executada pelo velejador no vídeo. Esta é uma situação descrita também por Cunningham [4] que usou um processo semelhante na simulação de 30 minutos de bolina, aquando da manobra de virar de bordo.

Após término dos 18 minutos que constituem a perna de bolina, foi dado ao velejador novamente o halter de massa = 10Kg, sem que este saia da posição de prancha, assumindo ele uma postura estática, em que perfaça um ângulo de 135 graus entre o tronco e a coxa, medidos com um goniómetro ao nível do grande trocanter. Permanece igualmente durante 30 seg em posição estática. No fim o indivíduo pôde pousar o peso e sair da posição de prancha para descanso, considerando-se a tarefa terminada após os 30 seg finais. Os períodos de prancha estática com recurso ao halter de 10 Kg, servem para se quantificar um valor de contracção isométrica de referência (CIR) de forma que se possa normalizar os valores obtidos durante a tarefa e proceder à comparação da activação neuromuscular no período prévio e no pós-tarefa.

É frequente encontrar-se na literatura a descrição da determinação de CIR em máquinas que neste caso pouco teriam de *transfer* para a tarefa em questão. Assim sendo, deu-se preferência à especificidade do trabalho a desenvolver e decidiu-se usar o simulador, também ele usado no estudo, para determinar a CIR.

## **2.5. Definição de Variáveis**

As variáveis estudadas foram:

- Ângulos entre segmentos (tronco-pélvis, pélvis-coxa, tronco-coxa);
- Velocidades angulares entre segmentos (tronco-pélvis, pélvis-coxa, tronco-coxa, tronco-simulador);

- Níveis de activação neuromuscular (reto abdominal esquerdo/direito, abdominal oblíquo externo esquerdo/direito, reto femural esquerdo/direito, vasto externo esquerdo, grande dorsal esquerdo).

Os ângulos formados entre segmentos permitem caracterizar a movimentação intersegmentar existente no movimento de prancha. Até à data da execução deste estudo não havia qualquer referência a ângulos de segmentos corporais intervenientes neste movimento. É pertinente verificar se existem segmentos que se movimentam em bloco ou se existe alteração entre os instantes iniciais e os instantes finais na tarefa em questão.

Relacionar o trabalho cinemático com o nível de activação neuromuscular é essencial para compreender o processo muscular inerente ao movimento e possíveis causas de alteração do movimento.

## **2.6. Procedimento de Construção do Simulador**

O simulador foi construído de forma artesanal, no decorrer do ano de 2000 para ajuda na preparação de atletas da classe Laser que nessa altura competiam.

Para a sua construção foram usadas madeiras “*Sarrafão*” maciças , envernizadas, e foram medidos todos os ângulos, comprimentos e restantes medidas do poço e borda de um casco da classe Laser. Foi usada uma cinta da marca Magic Marine e optimizado um sistema de regulação do comprimento da mesma, tal como acontece na embarcação, mediante o uso de um cabo e mordedor de afinação.

De notar que este mesmo simulador fez parte do material indispensável usado na campanha olímpica da equipa portuguesa de vela da classe Laser durante o quadriénio de 2004-2008, onde Portugal obteve a sua melhor classificação de sempre em Jogos Olímpicos (4º lugar).

Foi ainda construído um suporte para fixar o referido simulador a uma placa de medição de força (para análise cinética). Este suporte foi construído com a mesma madeira, sendo usados 8 parafusos de 12 mm. Quatro serviram para fixação do suporte

ao simulador, ficando as cabeças dos mesmos embutidas na madeira; os quatro restantes fixaram o conjunto suporte mais simulador à placa de medição de forças do laboratório.

## 2.7. Processamento de Dados

No processamento do sinal electromiográfico considera-se o músculo activo quando a sua amplitude de sinal excede duas vezes o desvio padrão da média de actividade electromiográfica [5].

Foram exportados os dados relativos à electromiografia para o *software Acknowledge*, a fim de processar os mesmos no que à frequência de activação muscular concerne, tendo em vista a determinação do estado de fadiga. Neste último *software* acima mencionado foram seleccionados períodos de análises de 5 segundos e usada a função de cálculo de mediana de frequência com recurso ao FFT (Fast Fourier transform).

A amplitude de sinal de EMG, bem como a intensidade de participação muscular foram processadas em V3D, com recurso de *Root Mean Square* (RMS), usando uma janela de 245 milisegundos e normalizadas para cada indivíduo, ao valor máximo atingido em cada músculo durante os dois intervalos estudados. Foi considerado um *delay* do sinal electromiográfico de 48 milisegundos, referidos pelo fabricante do *hardware* utilizado (Delsys) em relação à captação de imagem.

Para a recolha de imagens tridimensionais foram usadas 14 câmeras de alta resolução, de funcionamento no espectro infra vermelho, ligadas a uma placa analógica. A recolha foi feita a 50 frames por segundo (50 Hz).

Os dados cinemáticos foram posteriormente processados, tendo sido aplicado um filtro de passa baixa, com uma frequência de corte a 6 Hz.

Os dados cinemáticos recolhidos foram tratados em primeira instância no *software Qualisys Track Manager* (QTM), sendo de seguida exportados para *Visual 3D Reader* (V3D).

Neste último promoveu-se a identificação dos intervalos de tempo pertinentes ao estudo, representativos de instantes iniciais da tarefa e instantes finais. O intervalo entre o 2º e o 3º minuto de bolina e o intervalo entre o 17º e o 18º minuto de bolina foram os escolhidos. Procedeu-se à marcação de eventos que delimitassem os intervalos, fez-se a normalização e posterior exportação dos dados relativos a amplitudes entre segmentos e velocidades angulares entre os mesmos, para o *software Microsoft Excel*. Foram retirados também valores máximos de amplitude e velocidade de cada sujeito da amostra.

### III - Apresentação dos Resultados

---

Para comparar os diferentes velejadores foi considerado um intervalo de um minuto com início dois minutos após o início da simulação e outro período de um minuto entre o 17º e o 18º minuto de execução.

A análise de frequências do ângulo tronco-coxa permitiu verificar que durante o minuto estudado para os diferentes velejadores a frequência gestual (nº de movimentos de flexão/extensão do tronco em relação à coxa) foi semelhante. Desta forma foi possível assumir que os períodos de análise eram comparáveis não só porque reportavam o mesmo período da simulação mas também porque a frequência gestual foi semelhante nos vários velejadores.

Para compreensão dos resultados obtidos é necessário ter em linha de conta que os valores de amplitude para o plano *Sagital* são tão mais negativos quanto mais verticais são as posições dos sujeitos, e que o zero é a extensão completa, 180º entre os segmentos. No seguimento deste raciocínio, relativamente à velocidade, os valores são negativos para a fase ascendente no movimento (flexão) e são positivos para a extensão (fase descente do movimento).

No plano *Frontal* deve-se ver os valores positivos como a inclinação do corpo para a proa e os valores negativos como declínio do corpo para a popa. Neste plano a velocidade é, portanto, positiva quando o sujeito se encontra em movimento do ponto de flexão da popa para a proa e negativa no movimento contrário quando este se encontra a deslocar-se no sentido da popa.

Da análise ao plano *Longitudinal* resulta o movimento do corpo em torno de si mesmo, uma rotação sobre o próprio corpo. Desta forma define-se como positivo o ângulo quando a rotação é feita no sentido de “dar o peito” do velejador à popa, sendo a rotação de valores negativos quando a rotação do corpo do sujeito “dá cara” à proa. Neste sentido o sinal da velocidade é negativo quando o sujeito dá “cara à proa” e positivo no inverso, quando há rotação de “cara à popa”.

Desda forma e para melhor interpretação da decomposição planar do movimento de prancha, foram identificados em todos os gráficos os sentidos da flexão e extensão associados sempre ao Plano Sagital. Esta associação facilitará, pensa-se, a compreensão na leitura gráfica quer das amplitude de movimento quer de velocidade angulares.

Na análise de resultados foi construída uma base de dados em formato *Microsoft Excel*, onde se dispôs todos os resultados relativos a amplitudes descritas entre segmentos adjacentes (com significado anatómico) e entre outros segmentos não adjacentes (mas cuja pertinência é irrefutável); velocidades entre esses mesmos segmentos; valores mínimos e valores máximos.

### **3.1. Dados Cinemáticos**

#### **3.1.1. Posições Angulares (Plano Sagital)**

##### **Segmentos Pélvis/Coxa**

Verifica-se um aumento na amplitude do movimento, do primeiro para o segundo intervalo de tempo estudado, em todos os sujeitos da amostra. Os pontos de flexão têm valores mais próximos da posição vertical (valores próximos de  $-90^\circ$ ). Os picos de extensão têm maiores valores e os de flexão também têm maiores valores absolutos (valores brutos mais negativos que indicam maior flexão).

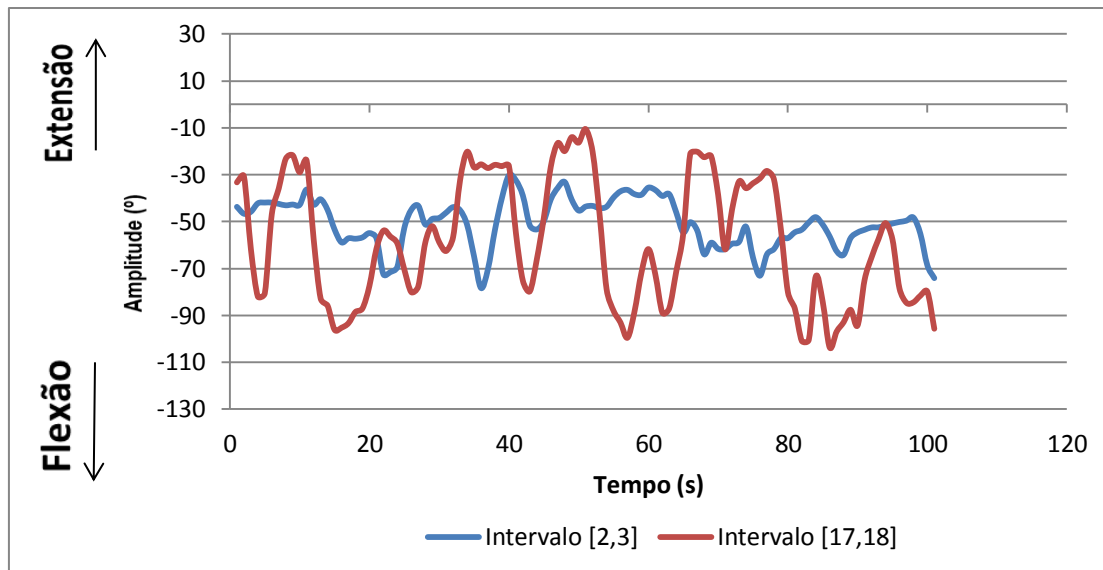


Figura nº 7 - Gráfico da Amplitude Intersegmentar Pélvis-Coxa no plano Sagital. Sujeito nº 6. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

Para o primeiro intervalo estudado ([2,3]min) obteve-se um valor máximo (Máx) = 3.69, que indica uma extensão superior a  $180^\circ$  entre estes dois segmentos articulares. Obteve-se ainda um valor mínimo (Min) = -87.86 para o mesmo intervalo, que deixa antever uma posição próxima dos  $90^\circ$  de flexão entre pélvis e coxa.

No segundo intervalo ([17,18]min) o Máx obtido foi 19.63 e o Min= -107.57. A média dos valores máximos variou entre -9,923 para o 1º intervalo e -4,181 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -81,755 para o 1º intervalo e -96,135 para o segundo intervalo estudado.

Existem porém dois sujeitos cujo tempo de extensão é maior no segundo intervalo.

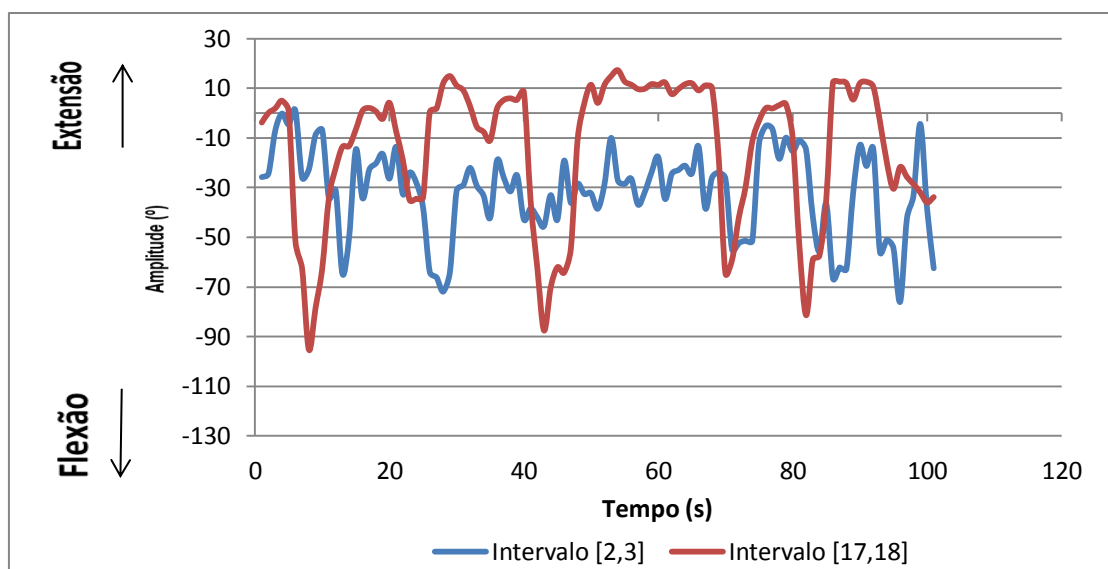


Figura nº 8 - Gráfico da Amplitude Intersegmentar Pélvis-Coxa no plano Sagital. Sujeito nº 2. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

Estes valores deixam antever que os velejadores no último minuto da tarefa tiveram necessidade de maior flexão do segmento pélvis e que executaram também o movimento de extensão em ângulos maiores.

Na análise das médias de amplitude de movimento verifica-se o aumento da amplitude entre o primeiro intervalo (valor médio de amplitudes = 71,83) e o último intervalo (valor médio de amplitudes = 91,95) considerados.

### **Segmentos Tronco/Pélvis**

A maioria dos sujeitos apresenta uma execução pautada pela maior flexão destes dois segmentos do 1º para o 2º intervalo. Sendo que a sobreposição de valores durante os dois intervalos é menor que a apresentada nos ângulos pélvis/coxa.



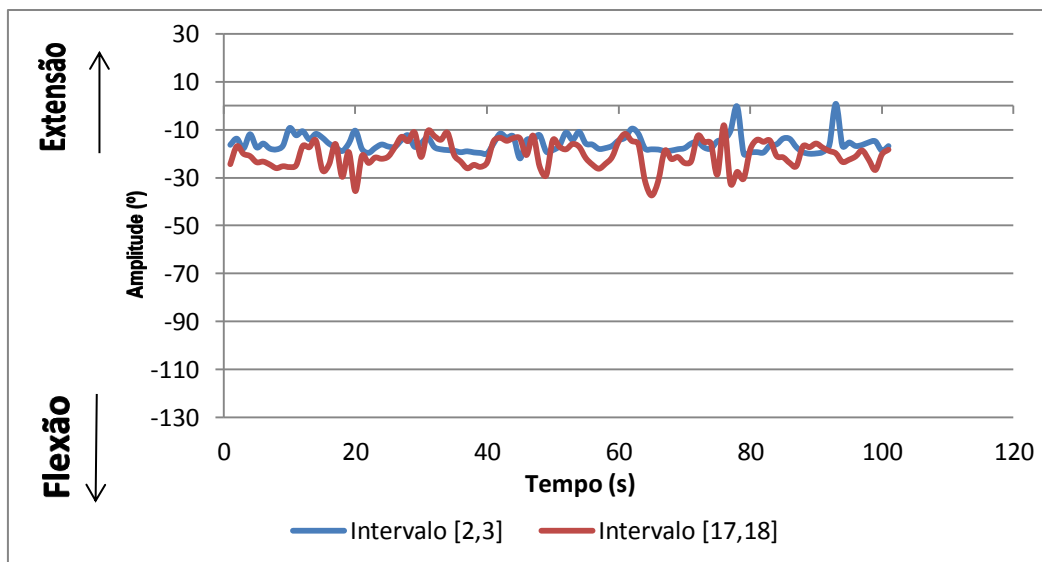


Figura nº 9 - Gráfico da Amplitude Intersegmentar Tronco-Pélvis no plano Sagital. Sujeito nº 3. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

O Máx encontrado para este par de segmentos foi 11.72, e Min = -34.11, para o intervalo [2,3] min.

Para o intervalo [17,18]min encontrou-se um Máx = 7.42 e um Min = -40.37. A média dos valores máximos variou entre -4,425 para o 1º intervalo e -4,238 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -25,03 para o 1º intervalo e -39,663 para o segundo intervalo estudado.

Tendo em conta os segmentos aqui expostos, pode-se inferir que, apesar do aumento da amplitude nos Segmentos Pélvis/Coxa, do 1º para o 2º intervalo, na amplitude dos segmentos em questão (Tronco/Pélvis), encontra-se um aumento da flexão entre estes dois segmentos corporais com o avançar da tarefa. Isto evidencia que os velejadores passam a ter os ombros a uma distância da borda do barco menor face aos instantes iniciais. Isto apesar da sua pélvis continuar em valores de extensão mais elevados.

Com recurso aos valores médios de amplitude do movimento de prancha neste plano, verifica-se o aumento do intervalo [2,3] (valor médio de amplitudes =20,61) para o intervalo [17,18] (valor médio de amplitudes =35,43).

## Segmentos Tronco/Coxa

Estes dois segmentos apresentam um padrão muito semelhante ao ângulo pélvis/coxa.

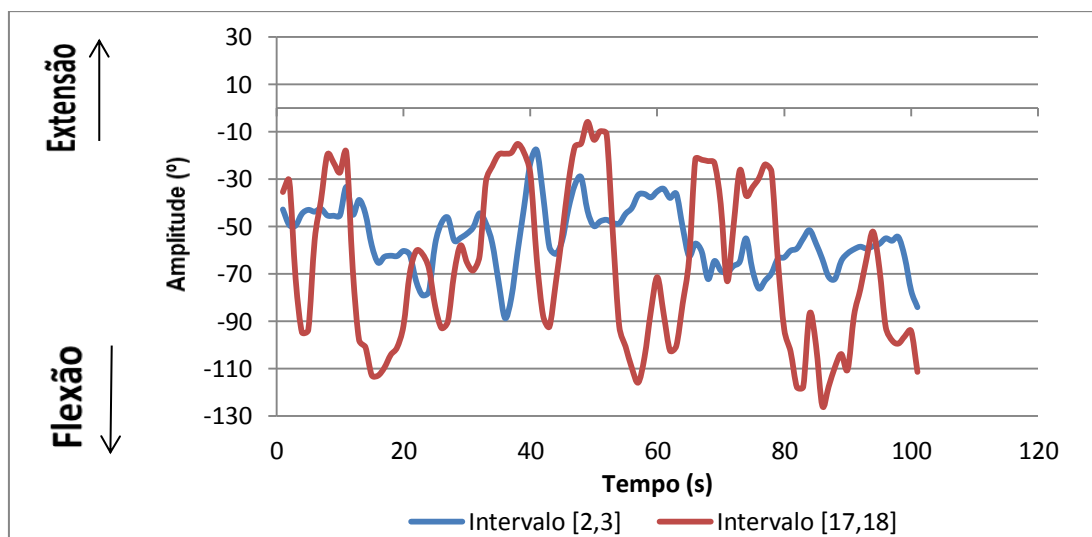


Figura nº 10 - Gráfico da Amplitude Tronco-Coxa no plano Sagital. Sujeito nº 6. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

As amplitudes do movimento aumentam durante a execução da tarefa. A larga maioria dos sujeitos executa a tarefa em maior flexão. Apenas um sujeito apresentou discrepância relativamente à amostra, como se pode verificar no gráfico da figura nº 10.

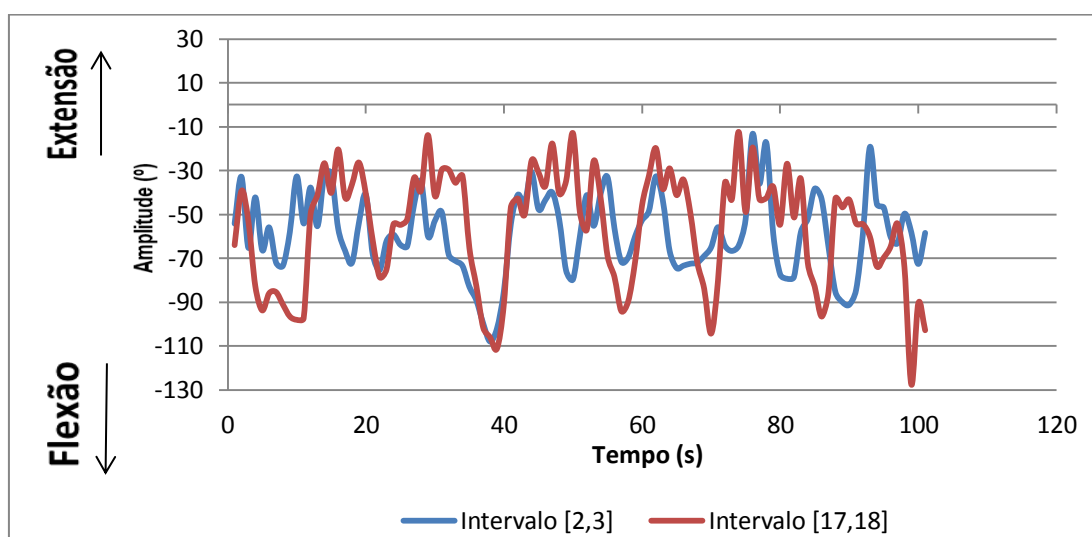


Figura nº 11 - Gráfico da Amplitude Tronco-Coxa no plano Sagital. Sujeito nº 3. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

O gráfico da figura nº 11 evidencia menor diferença entre os dois intervalos na execução da tarefa relativamente aos segmentos em questão.

Obteve-se para o 1º intervalo um Máx = -13.28 e um Min = -102.56. Para o 2º intervalo o Máx = 9.69 e o Min = -132.35. A média dos valores máximos variou entre -15,661 para o 1º intervalo e -8,270 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -94,808 para o 1º intervalo e -123,55 para o segundo intervalo estudado.

Apesar dos valores máximos indicarem um claro aumento de extensão, estes vêm do sujeito que apresentou disparidade relativamente aos restantes sujeitos da amostra. É notório, como foi referido nos resultados dos segmentos Pélvis/Coxa, um claro trabalhar dos velejadores em maior flexão durante o [17,18]min face ao 1º intervalo.

Para o plano aqui descrito, no que respeita ao par de segmentos Tronco/Coxa, obteve-se o maior aumento entre a média de amplitudes do intervalo respeitante ao início da tarefa, e o segundo intervalo analisado (valor médio de amplitude [2,3]=79,15; valor médio de amplitude [17,18]=115,28). Estes resultados deixam antever que no fim da tarefa os sujeitos têm um claro aumento das amplitudes de movimento no plano Sagital.

### **3.1.2. Velocidades Angulares (Plano Sagital)**

Neste plano os movimentos executados são de flexão e extensão no plano Sagital.

#### **Segmentos Pélvis/Coxa e Tronco/Coxa**

Tal como foi possível visualizar nos dados relativos aos ângulos dos mesmos pares de segmentos, as velocidades de Tronco/Coxa e Pélvis/Coxa são muito semelhantes.

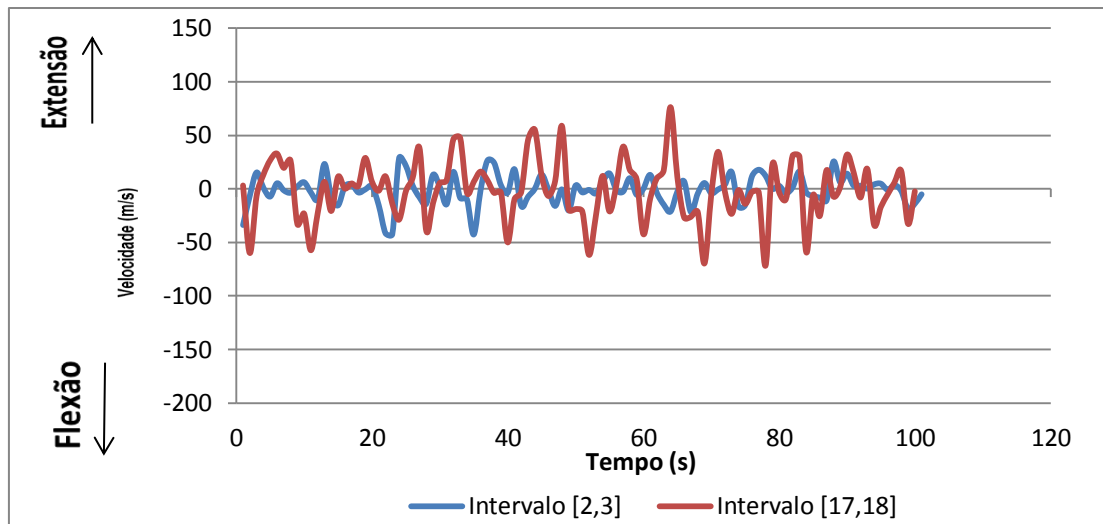


Figura nº 12 - Gráfico da Velocidade angular intersegmentar Pélvis-Coxa no plano Sagital. Sujeito nº 6. Valores positivos (+) representam a velocidade no sentido da extensão; valores negativos (-) representam a velocidade no sentido da flexão.

Para estes dois pares de segmentos encontram-se os seguintes valores:

Pélvis/Coxa- [2,3]- Máx = 127.53; Min = -291.51.

Tronco/Coxa- [2,3]- Máx = 125.96; Min = -163.10.

Pélvis/Coxa- [17,18]- Máx = 275.09; Min = -373.93.

Tronco/Coxa- [17,18]- Máx = 143.33; Min = -155.69.

A média dos valores máximos variou entre 110,507 para o 1º intervalo e 144,077 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -163,325 para o 1º intervalo e -182,849 para o segundo intervalo estudado, no par de segmentos Pélvis/Coxa. Para o par intersegmentar Tronco/Coxa a média dos valores máximos variou entre 99,975 para o 1º intervalo e 120,596 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -113,839 para o 1º intervalo e -185,692 para o segundo intervalo estudado.

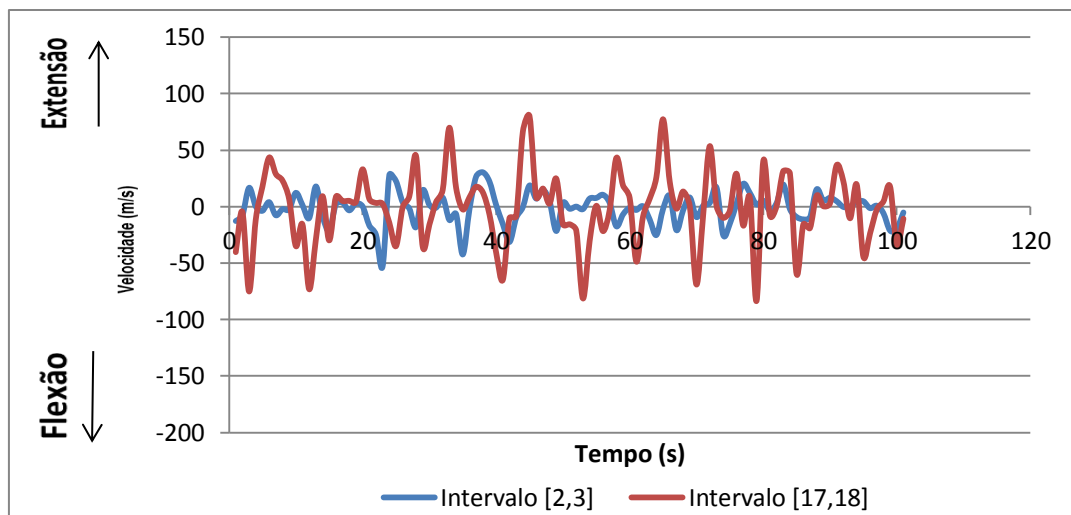


Figura nº 13 – Gráfico da Velocidade angular intersegmentar Tronco-Coxa no Plano Sagital. Sujeito nº 6. Valores positivos (+) representam a velocidade no sentido da extensão; valores negativos (-) representam a velocidade no sentido da flexão.

Apesar de graficamente existir uma semelhança entre os ângulos aqui estudados, é também notório no que respeita aos segmentos Pélvis/Coxa que apresentam sempre valores absolutos mais elevados que o segmento Tronco/Coxa (valores negativos só indicam o sentido do deslocamento, neste caso a flexão). Anatomicamente o primeiro conjunto segmentar acima referido tem significado anatómico e menor alavanca face ao conjunto Tronco/Coxa, o que pode explicar esta ordem de valores.

### Segmentos Tronco/Pélvis

Existe um padrão de aumento da amplitude de velocidade do 1º para o 2º intervalo no que diz respeito a este segmento.

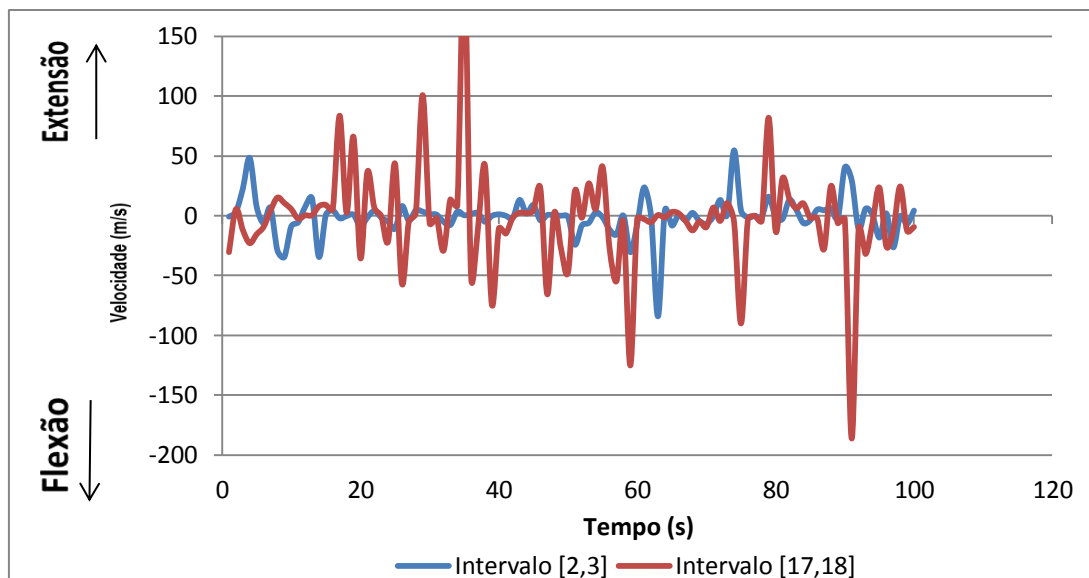


Figura nº 14 - Gráfico da Velocidade angular intersegmentar Tronco-Pélvis no plano Sagital. Sujeito nº 2. Valores positivos (+) representam a velocidade no sentido da extensão; valores negativos (-) representam a velocidade no sentido da flexão.

Para o 1º intervalo analisado obteve-se um Máx = 211.92 e um Min = -148.30. No último minuto da tarefa encontra-se um Máx = 302.85 e um Min = -252.02. A média dos valores máximos variou entre 116,669 para o 1º intervalo e 135,282 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -107,515 para o 1º intervalo e -126,047 para o segundo intervalo estudado.

Os valores aqui apresentados indicam também um claro aumento das velocidades, quer de extensão quer de flexão. O aumento da intensidade exigido durante a tarefa coaduna-se com estes valores e a própria velocidade de extensão vai ao encontro da maior amplitude descrita para o mesmo par de segmentos.

### 3.1.3. Posições Angulares (Plano Frontal)

#### Segmentos Pélvis/Coxa

Verifica-se um aumento da amplitude intersegmentar do 1º para o 2º intervalo estudado. Existe uma tendência geral para, do 1º para o 2º momento analisado, registarem-se maiores valores de ângulos de sinal positivo, ou seja, os sujeitos da

amostra tendem a fazer uma rotação no plano frontal no sentido da proa da embarcação no fim da perna de bolina. Importa dizer também que, face aos ângulos verificados no intervalo correspondente ao início da perna de bolina, também a rotação no sentido da popa da embarcação sofre um visível aumento quando comparado com o fim da tarefa (gráfico da figura n.º 15)

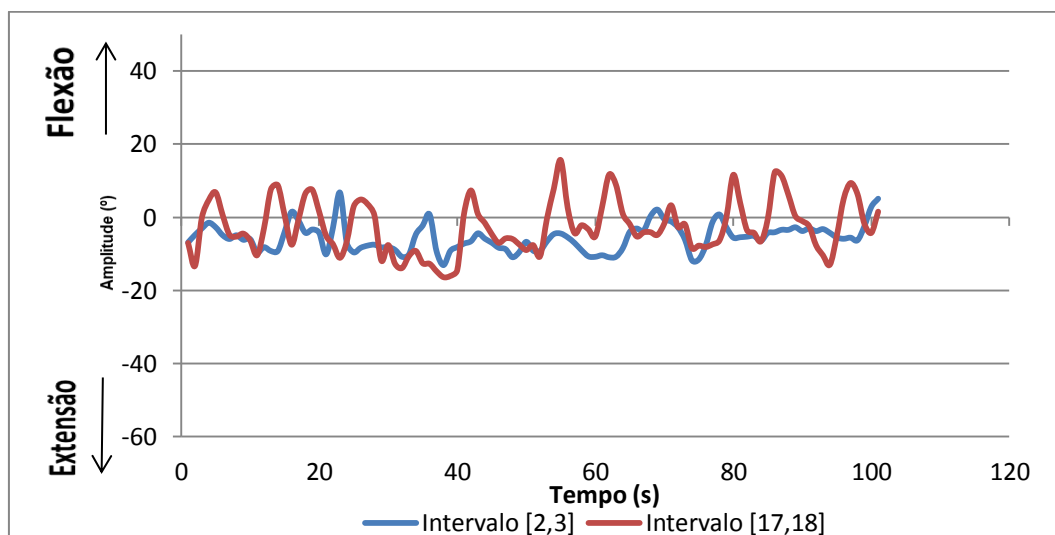


Figura nº 15 – Gráfico da Amplitude intersegmentar Pélvis-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 6. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

O sujeito nº 4 foi o único a apresentar um padrão semelhante de amplitudes entre os dois momentos analisados.

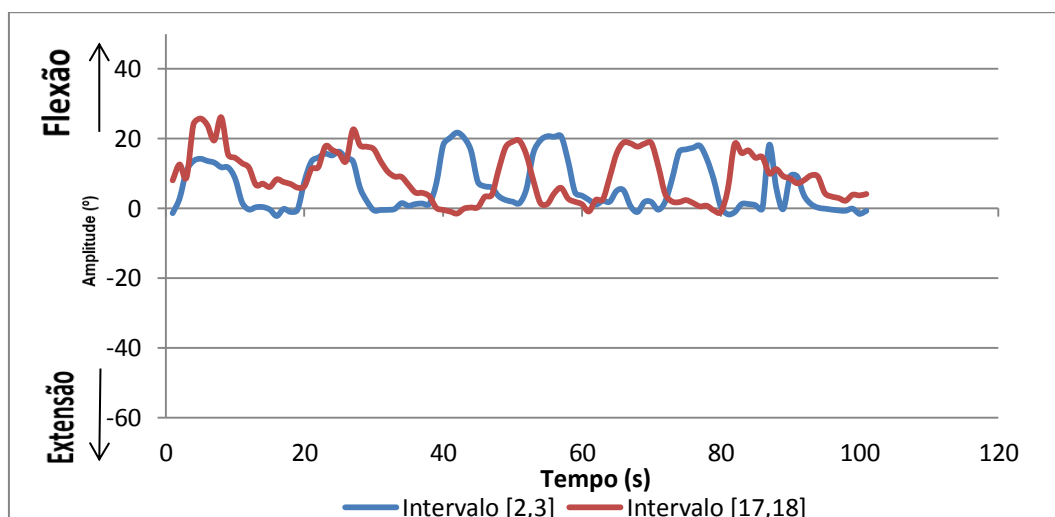


Figura nº 16 – Gráfico da Amplitude intersegmentar Pélvis-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 4. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

Para esta amplitude intersegmentar obteve-se os seguintes valores:

Pélvis/Coxa- ([2,3]min)- Min = -20,20

Pélvis/Coxa- ([2,3]min)- Máx = 21,78

Pélvis/Coxa- ([17,18]min)- Min = -24,93

Pélvis/Coxa- ([17,18]min)- Máx = 30,03

A média dos valores máximos variou entre 9,964 para o 1º intervalo e 19,731 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -14,041 para o 1º intervalo e -15,615 para o segundo intervalo estudado.

A média dos valores de amplitude de movimento variou entre 24 para o intervalo [2,3] e 35,35 para o intervalo [17,18]. Verificou-se um aumento das médias de amplitudes no plano frontal para este par de segmentos.

### **Segmentos Tronco/Pélvis**

As amplitudes deste par de segmentos também aumentam do 1º para o 2º intervalo de tempo analisado mas de uma forma menos acentuada que o par de segmentos anteriormente descrito. Os valores positivos, indicadores de rotação no sentido da proa, são mais elevados no 2º intervalo. Não obstante os valores de sinal negativo, indicadores de rotação no sentido da popa, também aumentam no seu valor absoluto.

Foi observável que do [2,3min] para o [17,18min] os sujeitos fizeram um movimento de rotação mais acentuado para ambos os lados (gráfico da figura nº 17).



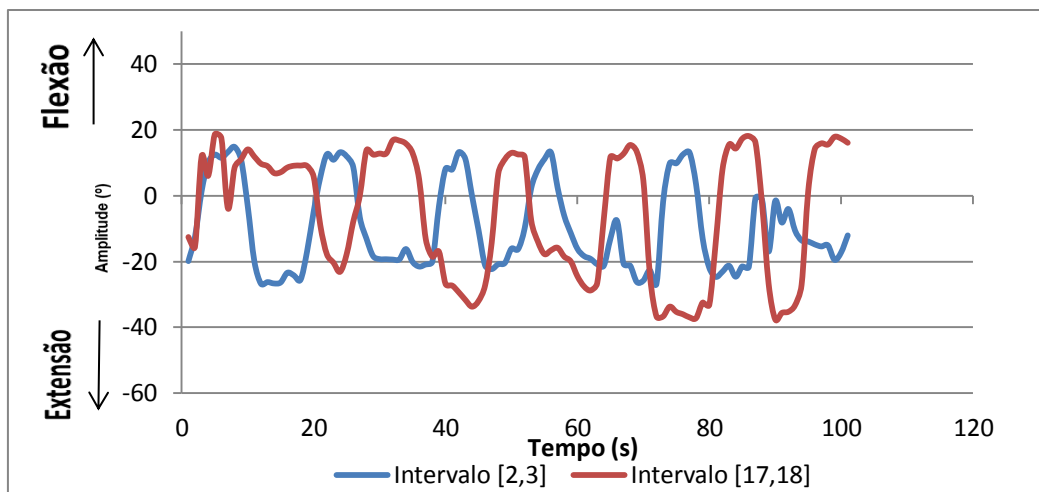


Figura nº 17 - Gráfico da Amplitude intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Frontal. Sujeito nº 4. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

Excepção feita ao sujeito nº 3, cujo movimento foi todo ele executado com mais incidência para a proa da embarcação no 2º intervalo, face a um primeiro momento analisado (gráfico da figura nº 18).

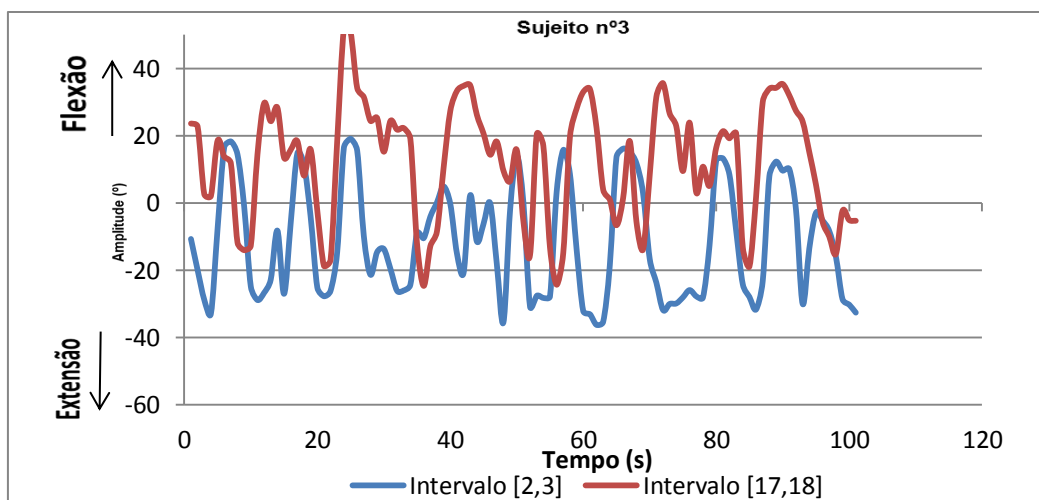


Figura nº 18 - Gráfico da Amplitude intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Frontal. Sujeito nº 3. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

Para o par Tronco- Pélvis obteve-se os seguintes valores:

Tronco/Pélvis- ([2,3]min)- Min = -36,85

Tronco/Pélvis- ([2,3]min)- Máx = 27,61

Tronco/Pélvis- ([17,18]min)- Min = -56,53

Tronco/Pélvis- ([17,18]min)- Máx = 52,99

A média dos valores máximos variou entre 18,178 para o 1º intervalo e 27,395 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -27,814 para o 1º intervalo e -35,375 para o segundo intervalo estudado.

Os valores médios de amplitude de 45,99 para o primeiro intervalo analisado e 62,77 para segundo intervalo, indicam o aumento da amplitude média do movimento desta amostra para o par de segmentos em questão no plano frontal.

### **Segmentos Tronco/Coxa**

Obteve-se os maiores valores absolutos nesta amplitude:

Tronco/Coxa- ([2,3]min)- Min = -34,88

Tronco/Coxa- ([2,3]min)- Máx = 38,80

Tronco/Coxa- ([17,18]min)- Min = -43,86

Tronco/Coxa- ([17,18]min)- Máx = 50,20

A média dos valores máximos variou entre o 22,723 para o 1º intervalo e o 35,849 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre o -30,427 para o 1º intervalo e o -37,813 para o segundo intervalo estudado.

Foi possível observar a maior amplitude de rotação no 2º intervalo, com os sujeitos a apresentarem valores de rotação para a proa da embarcação (valores positivos) bastante mais elevados [17,19min] que no primeiro período analisado (gráfico da figura nº 19).

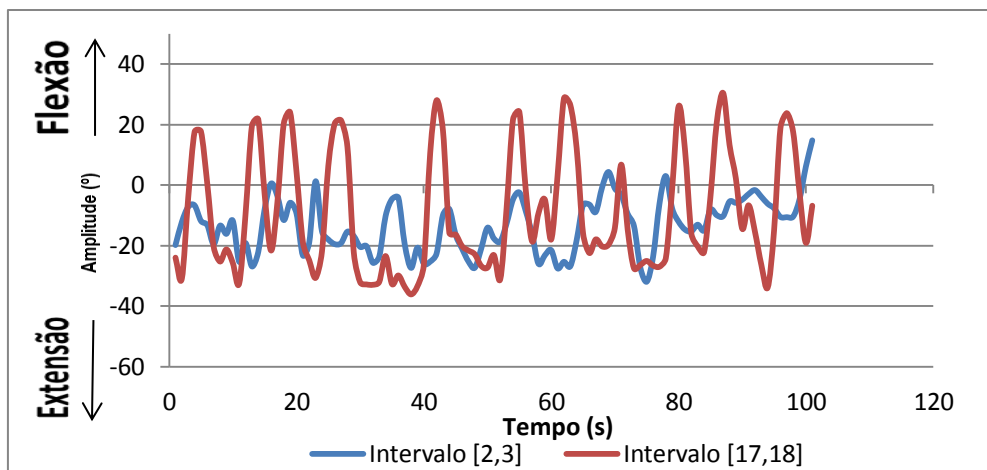


Figura nº 19 - Gráfico da Amplitude intersegmentar Tronco-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 6. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

Excepção feita ao sujeito nº 5, que apresenta no 2º período valores que indicam maior amplitude de rotação no sentido da popa da embarcação (gráfico da figura nº 20).

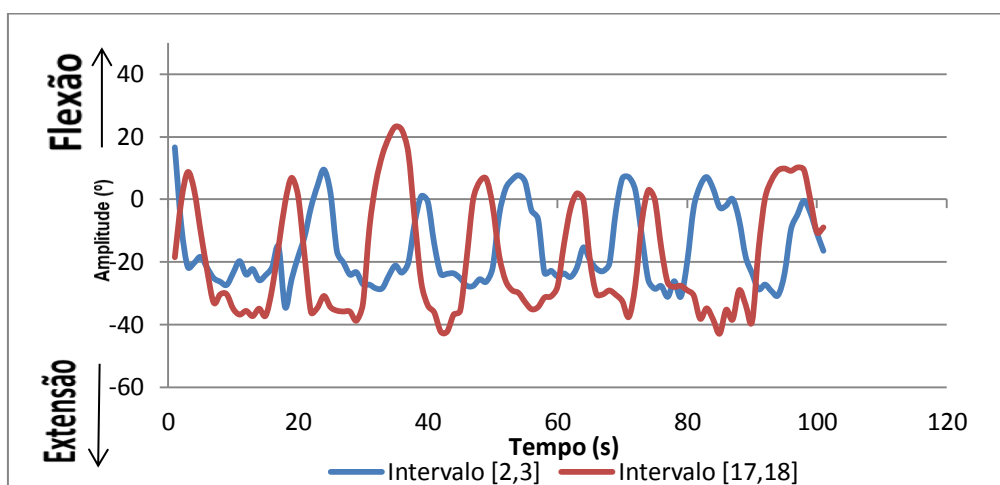


Figura nº 20 - Gráfico da Amplitude intersegmentar Tronco-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 5. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

Verificou-se um aumento dos valores médios de amplitude de movimento (53,15 para 73,66) para os segmentos Tronco/Coxa, do 1º para o 2º intervalo analisado. Sendo este o plano que corresponde ao movimento proa-popa, identifica-se um claro aumento da amplitude do movimento neste sentido da embarcação.

### 3.1.4. Velocidades Angulares (Plano Frontal)

#### Segmentos Pélvis/Coxa

Na generalidade deste par de segmentos obtiveram-se valores mais elevados de velocidade no 2º intervalo, tanto no sentido da proa como no sentido da popa.

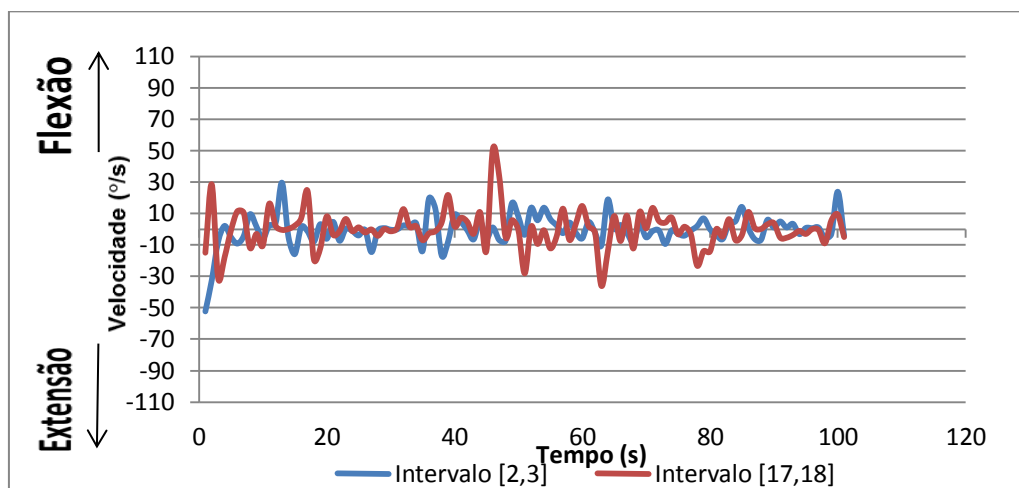


Figura nº 21 - Gráfico da Velocidade angular intersegmentar Pélvis-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 3. Valores positivos (+) representam a velocidade no sentido da extensão; valores negativos (-) representam a velocidade no sentido da flexão.

Só o sujeito nº 5 mantém o mesmo padrão de velocidade, enquanto o sujeito nº 6 diminui a velocidade de flexão no sentido da popa, aumentando-a no sentido da proa.

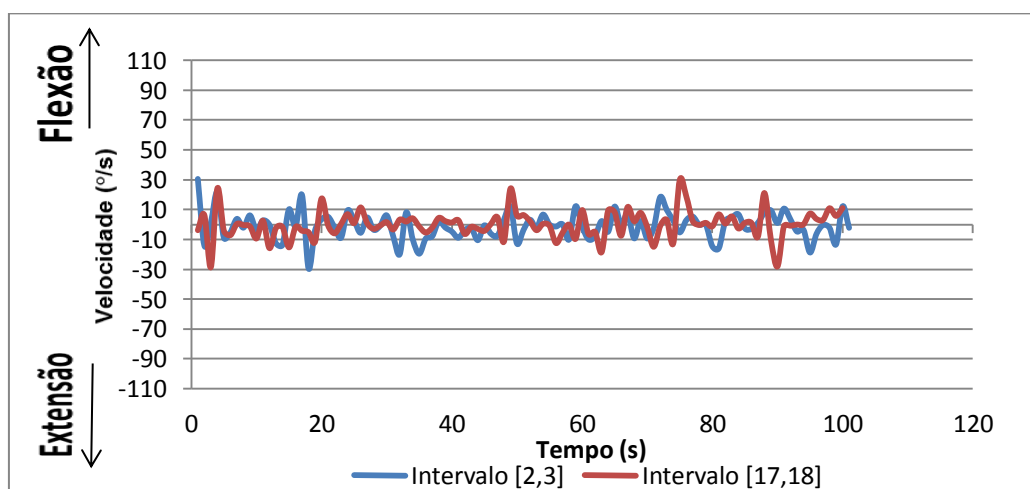


Figura nº 22 - Gráfico da Velocidade angular intersegmentar Pélvis-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 5. Valores positivos (+) representam a velocidade no sentido da extensão; valores negativos (-) representam a velocidade no sentido da flexão.

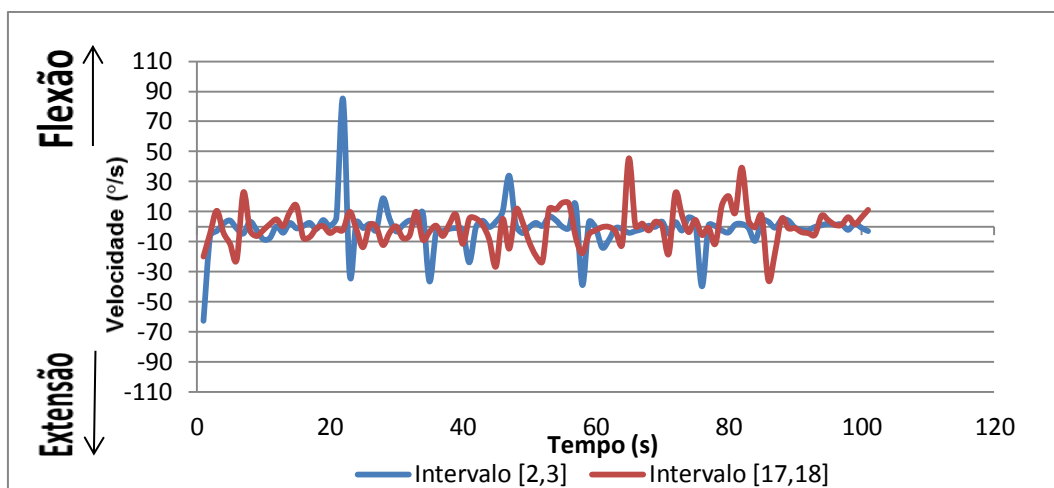


Figura nº 23 - Gráfico da Velocidade angular intersegmentar Pélvis-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 6. Valores positivos (+) representam a velocidade no sentido da extensão; valores negativos (-) representam a velocidade no sentido da flexão.

Para estes segmentos obteve-se um valor máximo de 163,59 para o primeiro intervalo e um valor de 332,60 para o máximo no segundo intervalo analisado. Os valores mínimos foram de -85,43 e de -147,70 para os intervalos [2,3] e [17,18], respectivamente. A média dos valores máximos variou entre 78,852 para o primeiro intervalo e 134,106 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -59,010 para o primeiro intervalo e -94,455 para o segundo intervalo estudado.

### Segmentos Tronco/Pélvis

Em todos os velejadores foi passível de identificar a manutenção da velocidade (gráfico da figura nº 24) ou um aumento significativo (gráfico da figura nº 25) entre o primeiro e o segundo intervalo.

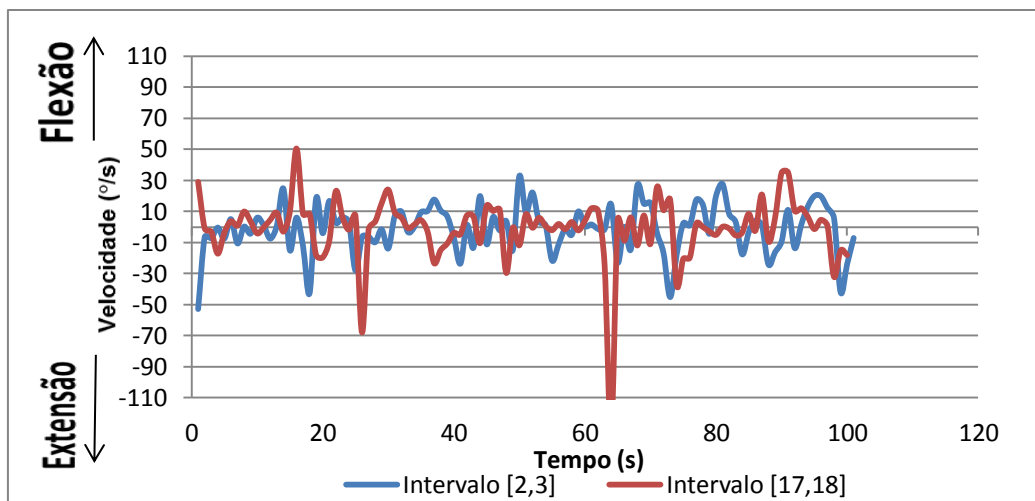


Figura nº 24 - Gráfico da Velocidade angular intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Frontal. Sujeito nº 5. Valores positivos (+) representam a velocidade no sentido da extensão; valores negativos (-) representam a velocidade no sentido da flexão.

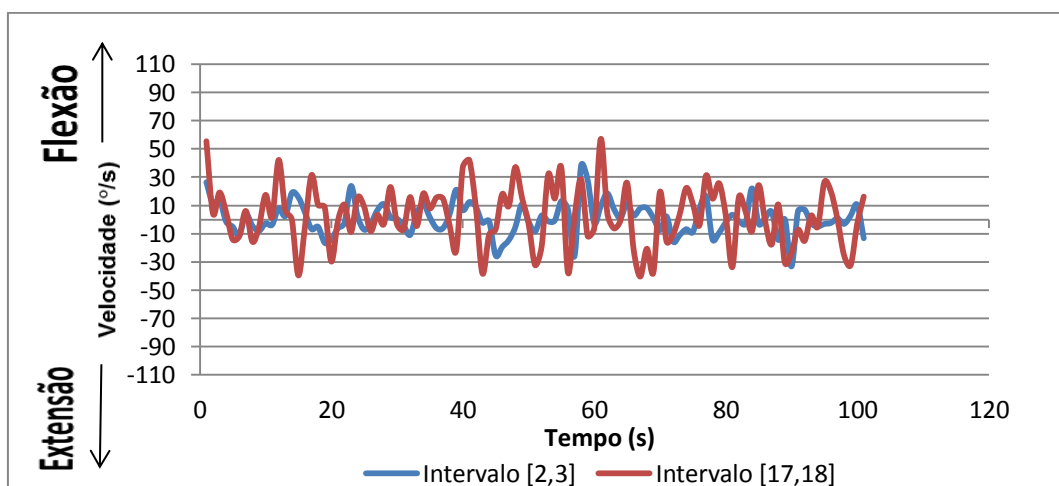


Figura nº 25 - Gráfico da Velocidade angular intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Frontal. Sujeito nº 6. Valores positivos (+) representam a velocidade no sentido da extensão; valores negativos (-) representam a velocidade no sentido da flexão.

Foi possível observar um velejador que, apesar de manter a velocidade entre os dois períodos analisados, tem nitidamente valores superiores para o movimento no sentido de proa (gráfico da figura nº 26).

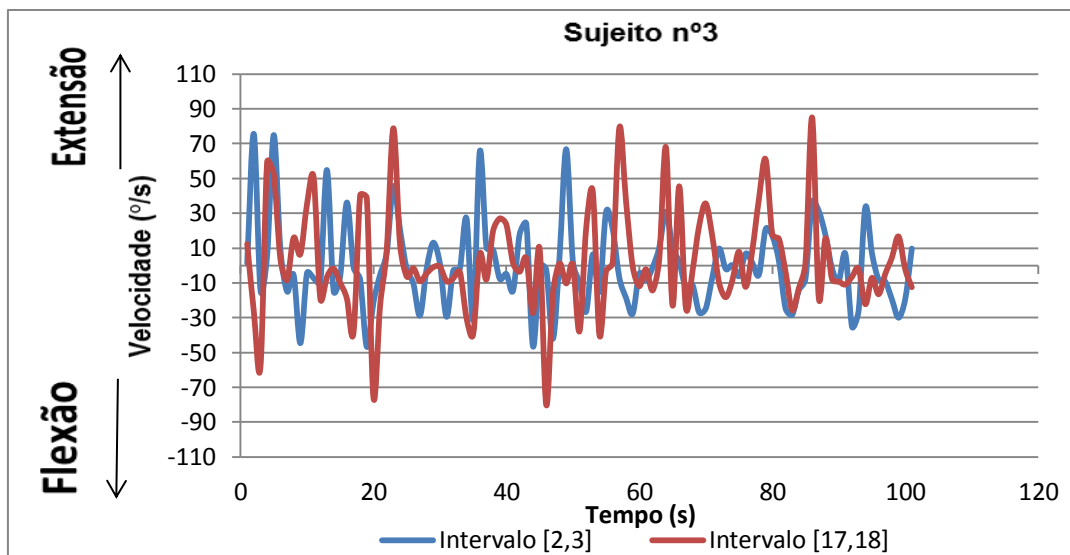


Figura nº 26 - Gráfico da Velocidade angular intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Frontal. Sujeito nº 3. Valores positivos (+) representam a velocidade no sentido da extensão; valores negativos (-) representam a velocidade no sentido da flexão.

Para o par Tronco- Pélvis obtiveram-se os seguintes valores:

Tronco/Pélvis- ([2,3]min)- Min = -231,80

Tronco/Pélvis- ([2,3]min)- Máx = 168,60

Tronco/Pélvis- ([17,18]min)- Min = -230,79

Tronco/Pélvis- ([17,18]min)- Máx = 246,74

A média dos valores máximos variou entre 95,572 para o primeiro intervalo e 157,876 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -132,333 para o primeiro intervalo e -159,252 para o segundo intervalo estudado.

### Segmentos Tronco/Coxa

Foi possível verificar em alguns casos o aumento e em outros casos a manutenção da amplitude dos valores de velocidade na generalidade dos sujeitos.

O sujeito nº 1 diminuiu a amplitude de velocidade. Dos velejadores que aumentaram os valores:

- o sujeito nº 3 aumentou essencialmente a velocidade de flexão no sentido da proa (valores positivos);
- o sujeito nº 5 teve um ligeiro aumento em ambos os sentidos (Gráfico da figura nº 27).

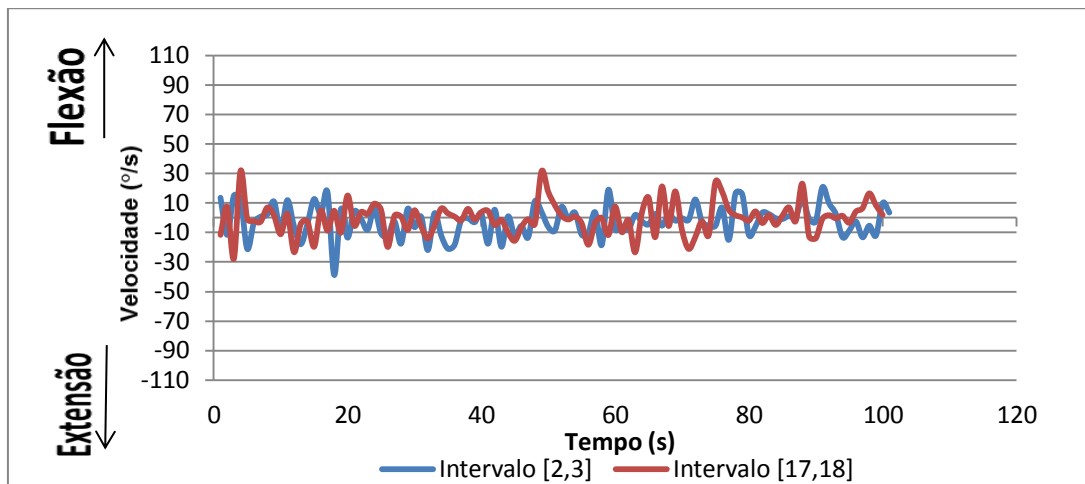


Figura nº 27 - Gráfico da Velocidade angular intersegmentar Tronco-Coxa no Plano Frontal. Sujeito nº 5. Valores positivos (+) representam a velocidade no sentido da extensão; valores negativos (-) representam a velocidade no sentido da flexão.

Para estes segmentos obteve-se um valor máximo de 97,53 para o primeiro intervalo, e um valor de 290,71 para o máximo no segundo intervalo analisado. Os valores mínimos foram de -121,99 e de -329,75 para os intervalos [2,3] e [17,18] respectivamente. A média dos valores máximos variou entre 72,664 para o primeiro intervalo e 156,299 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -85,142 para o primeiro intervalo e -130,773 para o segundo intervalo estudado.

### 3.1.5. Posições Angulares (Plano Longitudinal)

Neste plano o eixo é longitudinal no próprio corpo e a rotação sobre o mesmo designou-se como de “cara à proa”, no caso de ser uma torção no sentido da proa do barco, ou “cara à popa” no sentido oposto.

#### Segmentos Pélvis/Coxa

Os sujeitos apresentaram de um modo geral valores mais elevados para a torção de “cara à popa” (sujeitos nº1, nº3, nº5 e nº6, gráfico da figura nº 28).



Apenas o sujeito nº 4 manteve um equilíbrio no que à amplitude do movimento diz respeito e o sujeito nº 2 apresentou mais torção no sentido de “cara à proa”.

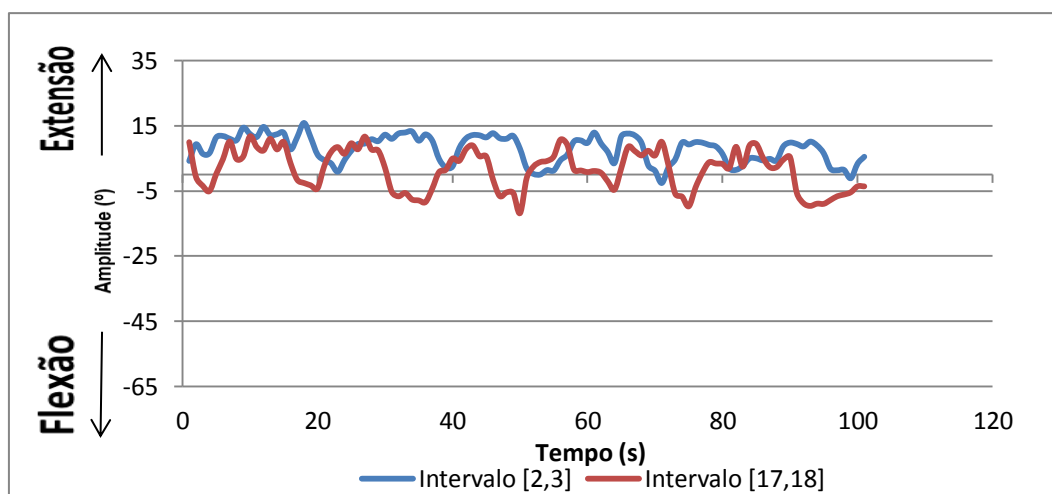


Figura nº 28 - Gráfico da Amplitude intersegmentar Pélvis-Coxa no Plano Longitudinal. Sujeito nº 5. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

Foi observado que em todos os velejadores houve um aumento das amplitudes do 1º para o 2º intervalo.

Os valores mínimos e máximos obtidos foram os seguintes:

Pélvis/Coxa- ([2,3]min)- Min = -32,25

Pélvis/Coxa – ([2,3]min)- Máx = 29,15

Pélvis/Coxa – ([17,18]min)- Min = -37,53

Pélvis/Coxa – ([17,18]min)- Máx = 27,15

A média dos valores máximos variou entre 22,024 para o 1º intervalo e 22,335 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -15,650 para o 1º intervalo e -24,381 para o segundo intervalo estudado.

Obteve-se um aumento da amplitude média do movimento de torção do primeiro para o segundo intervalo analisado ([2,3]= 37,67 e [17,18]= 46,72).

## Segmentos Tronco/Pélvis

Não foi possível estabelecer um padrão de execução no que à amplitude destes dois segmentos diz respeito. Identificaram-se as seguintes situações:

- Um velejador que teve maior rotação no sentido de “cara à popa” no 1º intervalo, no período seguinte a sua torção vai mais ao encontro da “cara à proa” (gráfico da figura nº 29);

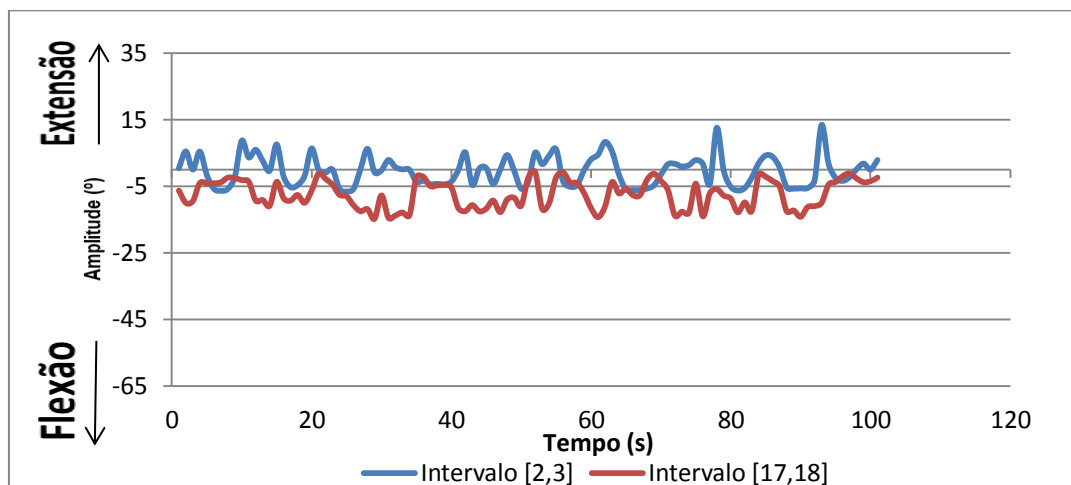


Figura nº 29 - Gráfico da Amplitude intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Longitudinal. Sujeito nº 3. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

- Velejadores que aumentaram a sua amplitude do 1º para o 2º intervalo mas mantiveram maior torção no sentido da popa (gráfico da figura nº 30);

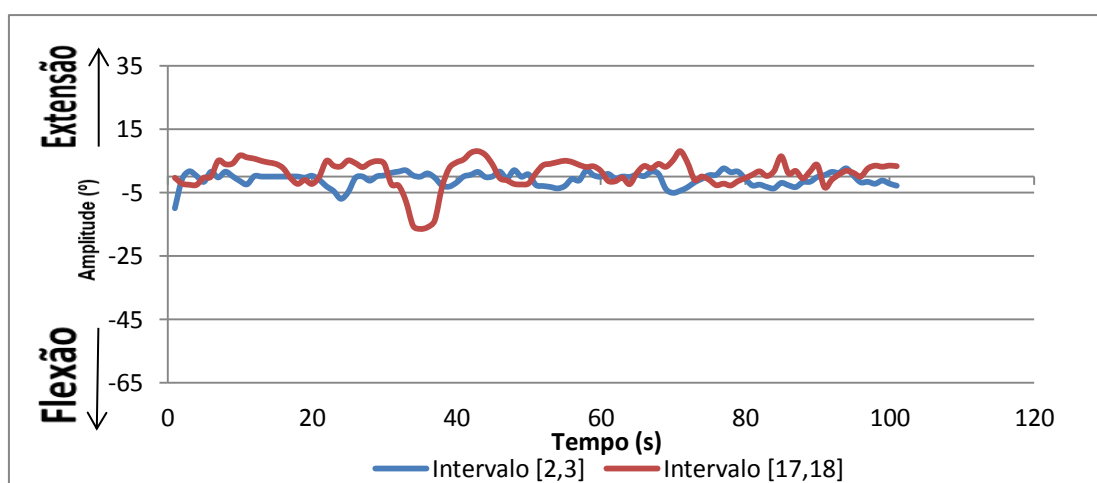


Figura nº 30 - Gráfico da Amplitude intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Longitudinal. Sujeito nº 5. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

- Um velejador cujos ângulos que se obtiveram são inconclusivos (sujeito nº 1);
- Um atleta que manteve o desempenho embora com picos onde a rotação é muito curta no sentido da “cara à proa” entre o 17º e o 18º minutos.

Neste par de segmentos obteve-se os seguintes valores:

Tronco/Pélvis- ([2,3]min)- Min = -10,97

Tronco/Pélvis- ([2,3]min)- Máx = 29,13

Tronco/Pélvis- ([17,18]min)- Min = -18,86

Tronco/Pélvis- ([17,18]min)- Máx = 27,55

A média dos valores máximos variou entre 12,147 para o primeiro intervalo e 12,731 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -6,971 para o primeiro intervalo e -14,429 para o segundo intervalo estudado.

Os valores médios do intervalo [2,3]= 19,12 e do intervalo [17,18]= 27,16, indicam o claro aumento da amplitude do movimento deste par de segmentos.

### **Segmentos Tronco/Coxa**

Nesta observação intersegmentar verificou-se a existência de padrões semelhantes aos encontrados no par de segmentos acima apresentado.

Em termos de valores máximos a torção “cara à proa” tem maiores valores absolutos, deixando antever maior torção nesse sentido.

Regra geral, salvo pequenos instantes dentro de um mesmo período, todos os velejadores apresentam amplitudes de torção superiores no intervalo [17,18] (gráfico da figura nº 31).

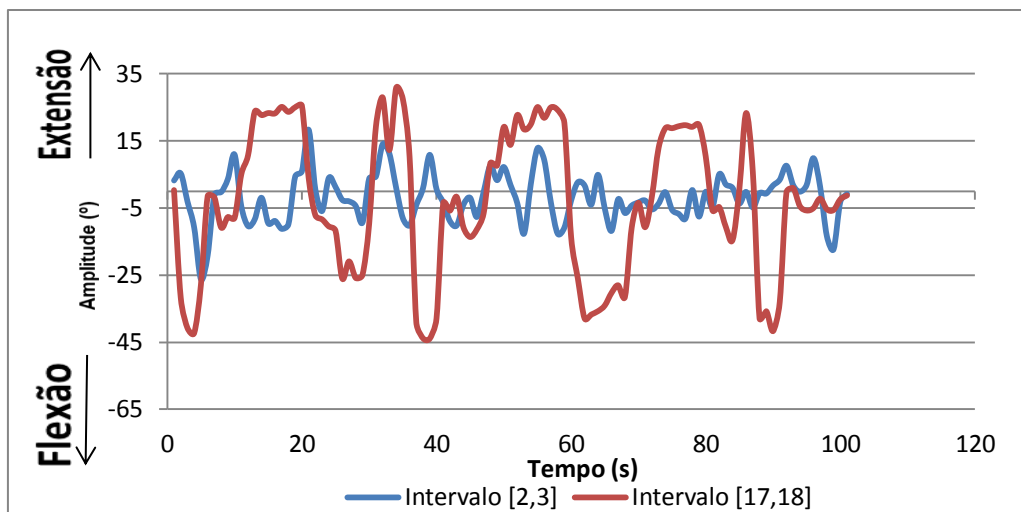


Figura nº 31 - Gráfico da Amplitude intersegmentar Tronco-Coxa no Plano Longitudinal. Sujeito nº 2. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

O atleta nº 3, cuja amplitude de torção no primeiro intervalo apresentou valores mais próximos do sinal positivo, “cara à proa”, no segundo intervalo deteve valores relativos sempre mais negativos, ou seja, de “cara à proa” (gráfico da figura nº 32).

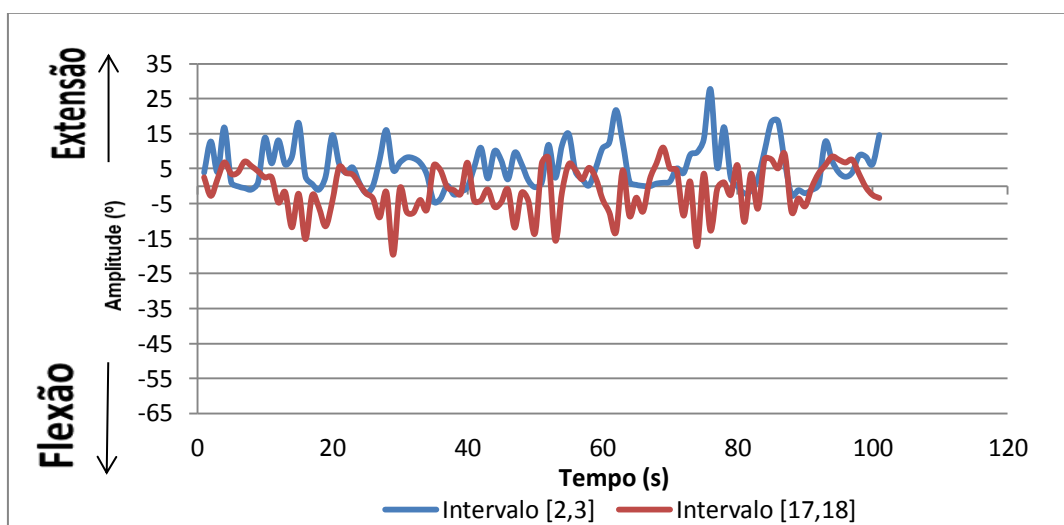


Figura nº 32 - Gráfico da Amplitude intersegmentar Tronco-Coxa no Plano Longitudinal. Sujeito nº 3. Valores positivos (+) representam a extensão; valores negativos (-) representam a flexão.

Para estes segmentos obteve-se um valor máximo de 33,51 para o [2,3], e um valor de 39,79 para o máximo no [17,18] analisado. Os valores mínimos foram de -31,71 e de -64,59, para o primeiro e segundo intervalos respectivamente. A média dos valores máximos variou entre 23,295 para o primeiro intervalo e 28,452 para o segundo

intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -17,679 para o primeiro intervalo e -33 para o segundo intervalo estudado.

A média de amplitude de movimento aumentou, o que indica que ao nível da torção existente entre o tronco e as coxas, teve um claro aumento do início para o fim da tarefa (amplitude média de movimento [2,3]= 40,97; amplitude média de movimento [17,18]= 61,45.

### 3.1.6. Velocidades Angulares (Plano Longitudinal)

#### Segmentos Pélvis/Coxa

Os valores de velocidade angular encontrados neste par de segmentos foram muito próximos entre os sujeitos. Neste sentido, observou-se uma uniformidade de velocidade de execução, quer no sentido da popa, quer no sentido da proa da embarcação. Existiu porém um aumento da amplitude de valores, em todos os velejadores, do 1º para o 2º intervalo de tempo considerado.

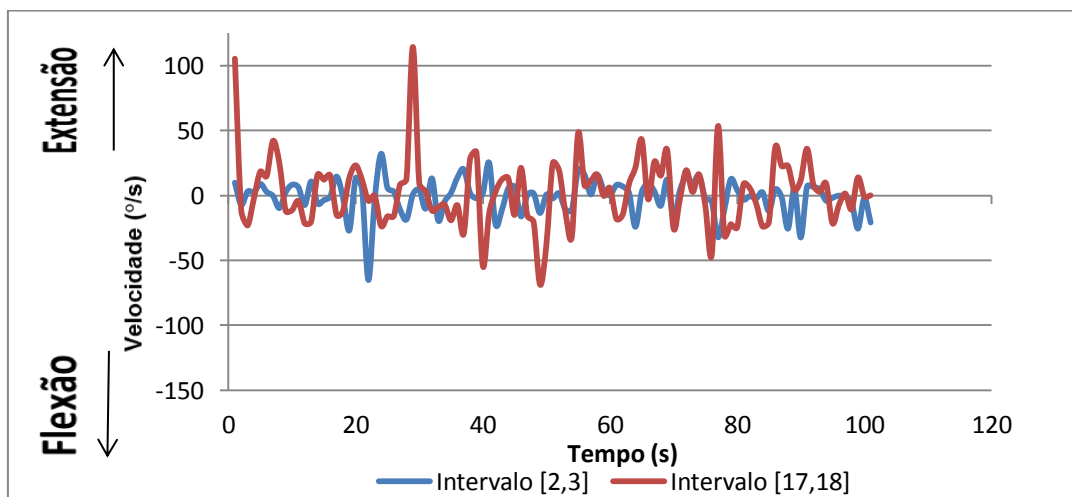


Figura nº 33 - Gráfico da Velocidade angular intersegmentar Pélvis-Coxa no Plano Longitudinal. Sujeito nº 6. Valores positivos (+) representam a velocidade no sentido da extensão; valores negativos (-) representam a velocidade no sentido da flexão..

Os valores obtidos foram:

Pélvis/Coxa- ([2,3]min)- Min = -274,89

Pélvis /Coxa – ([2,3]min)- Máx = 164,61

Pélvis /Coxa – ([17,18]min)- Min = -271,59

Pélvis /Coxa – ([17,18]min)- Máx = 368,57

A média dos valores máximos variou entre 98,122 para o 1º intervalo e 196,781 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -158,462 para o 1º intervalo e -178,898 para o segundo intervalo estudado.

### Segmentos Tronco/Pélvis

Neste par de segmentos existiu um aumento da amplitude de valores de velocidade entre o primeiro e o segundo intervalo. Aumento esse que é devido ao aumento da velocidade de torção de “cara à proa” da embarcação (gráfico da figura nº 34).

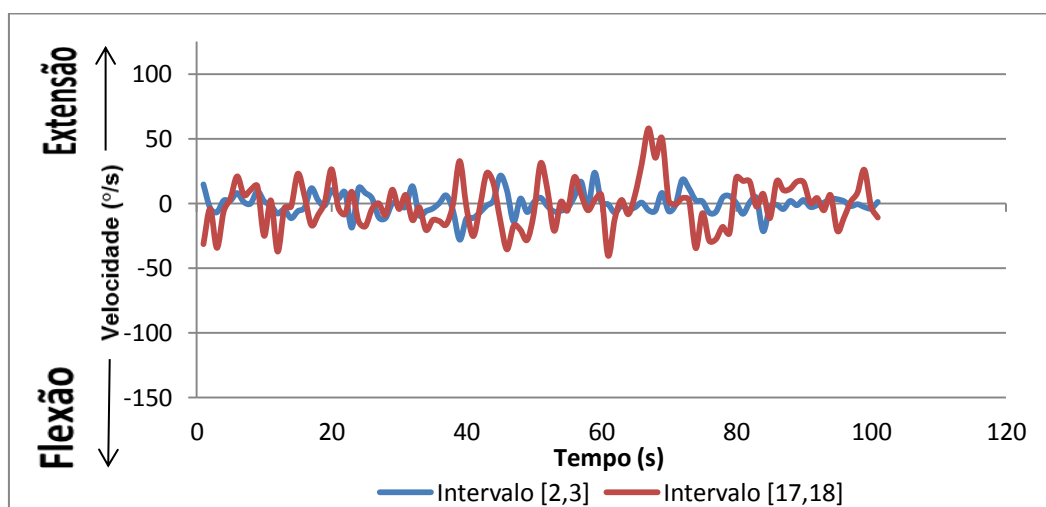


Figura nº 34 - Gráfico da Velocidade angular intersegmentar Tronco-Pélvis no Plano Longitudinal. Sujeito nº 6. Valores positivos (+) representam a velocidade no sentido da extensão; valores negativos (-) representam a velocidade no sentido da flexão.

Apenas o sujeito nº 2 apresentou um aumento de velocidade de torção de “cara à popa” da embarcação.

Não foi possível verificar neste par de segmentos alterações que justifiquem sobremaneira alterações de rendimento.

Para o par Tronco-Pélvis verificou-se um valor mínimo de -149,88 para o 1º intervalo e de -220,64 para o 2º intervalo analisado. 176,65 e 173,44 foram os valores máximos obtidos para o [2,3] e [17,18] respectivamente. A média dos valores máximos variou entre 102,402 para o 1º intervalo e 102,440 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -74,296 para o 1º intervalo e -124,914 para o segundo intervalo estudado.

### **Segmentos Tronco/Coxa**

Nestes dois segmentos não foi visível nos sujeitos nenhum padrão divergente entre os dois intervalos de tempo considerados. Também as amplitudes, embora tivessem variações de sujeito para sujeito, foram consideradas semelhantes dentro de um mesmo sujeito (anexo 19).

As velocidades máximas e mínimas consideradas foram:

Tronco/Coxa- ([2,3]min)- Min = -170,74

Tronco /Coxa – ([2,3]min)- Máx = 133,27

Tronco /Coxa – ([17,18]min)- Min = -354,03

Tronco /Coxa – ([17,18]min)- Máx = 284,67

A média dos valores máximos variou entre 98,647 para o 1º intervalo e 184,082 para o segundo intervalo estudado. A média dos valores mínimos variou entre -113,298 para o 1º intervalo e -193,641 para o segundo intervalo estudado.

## **3.2. Caracterização do “Ciclo de Prancha”**

O movimento designado “ciclo de prancha” acontece essencialmente com intensidades de vento que justifiquem uma posição de prancha no seu máximo de alavanca por parte do velejador, assim como com condições de mar (ondas) que o requeiram. Apesar de ser descrito aqui como ciclo, na verdade ele não é

necessariamente cíclico, na medida em que não começa um novo ciclo aquando do término do ciclo anterior. Pode acontecer que assim seja mas isso depende em grande medida do instante e posição do casco nas ondas. Não deixa de ser também digno de referência que dentro de um ciclo acontece muitas vezes uma ligeira flexão/extensão do tronco no seu plano sagital, mantendo a flexão no plano frontal (sentido da popa). Em termos práticos este facto faz com que a embarcação levante a sua proa da água, evitando o bater na onda mas mantendo sempre a alavanca necessária para contrapor a força do vento sobre a vela.

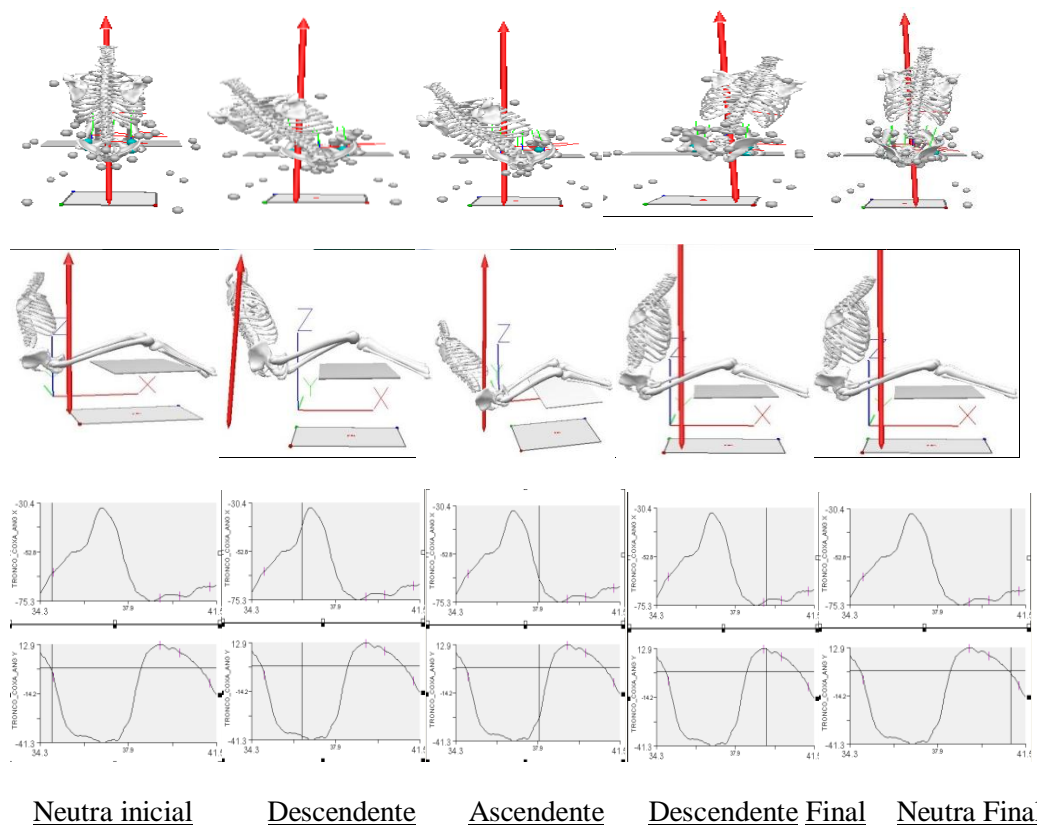


Figura nº 35 – De cima para baixo: vistas Frontal e Sagital das várias fases do “Ciclo de Prancha”; gráficos das coordenadas X (Plano Sagital) e Y (Plano Frontal) do ângulo Tronco/Coxa.



### 3.2.1. Ciclo de Prancha

#### 3.2.1.1. Fase Neutra

Nesta fase o velejador encontra-se sempre numa posição neutra em relação ao seu movimento sob o plano Frontal (movimento proa-popa) e salvo algumas excepções, o tronco está mais próximo da flexão relativamente ao segmento coxa.

Recorde-se que esta é uma fase cuja duração no tempo é instantânea e existe meramente como forma de se poder definir ciclos de prancha.

Tendo em conta a posição adoptada pelo velejador, a sua activação muscular ao nível da coxa esquerda é baixa, elevando-se imediatamente no início da fase seguinte. Existem porém atletas cuja passagem na fase neutra, no que ao plano Frontal diz respeito, é acompanhada já de uma extensão do tronco no plano Sagital. Nestes casos (sujeitos nº2, nº3 e nº5) existe uma acentuada activação do reto femural esquerdo.

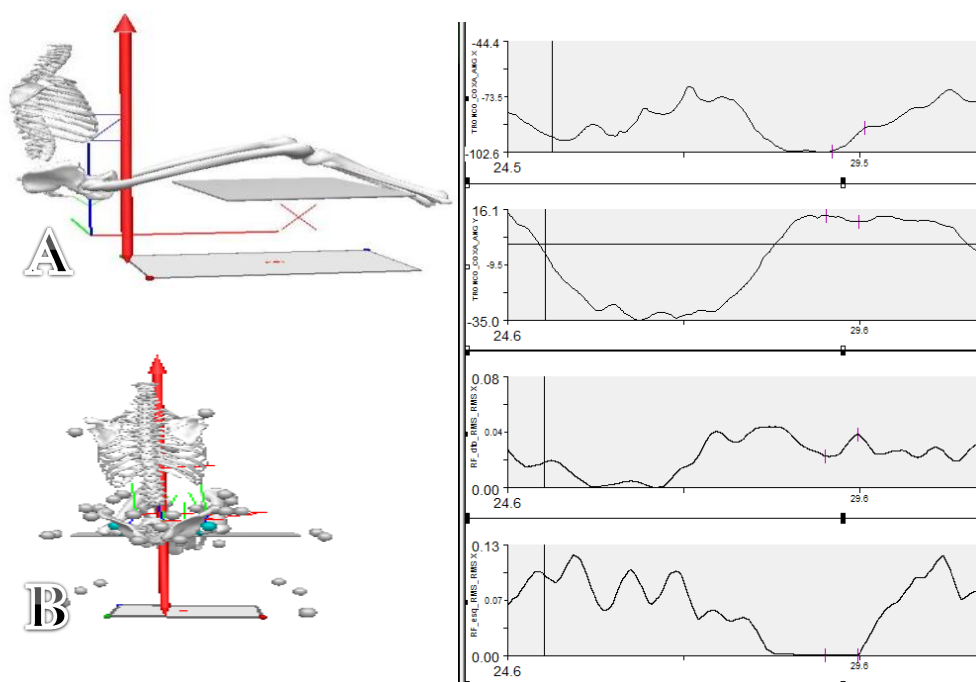


Figura nº 36 – (Sujeito nº 1) Os gráficos representam de cima para baixo: a) posições angulares tronco-coxa plano sagital; b) posições angulares tronco-coxa plano frontal; c) EMG reto femural direito; d)reto femural esquerdo. A escala dos gráficos de EMG são frações relativas à CIR obtida em posição isométrica, e as suas unidades adimensionais (U.A.).

Ao nível da parede abdominal verifica-se uma ausência de activação nos retos abdominais. Única excepção feita ao velejador que está nesta fase com o tronco um

pouco mais em extensão no plano Sagital, onde é possível visualizar activação neuromuscular.

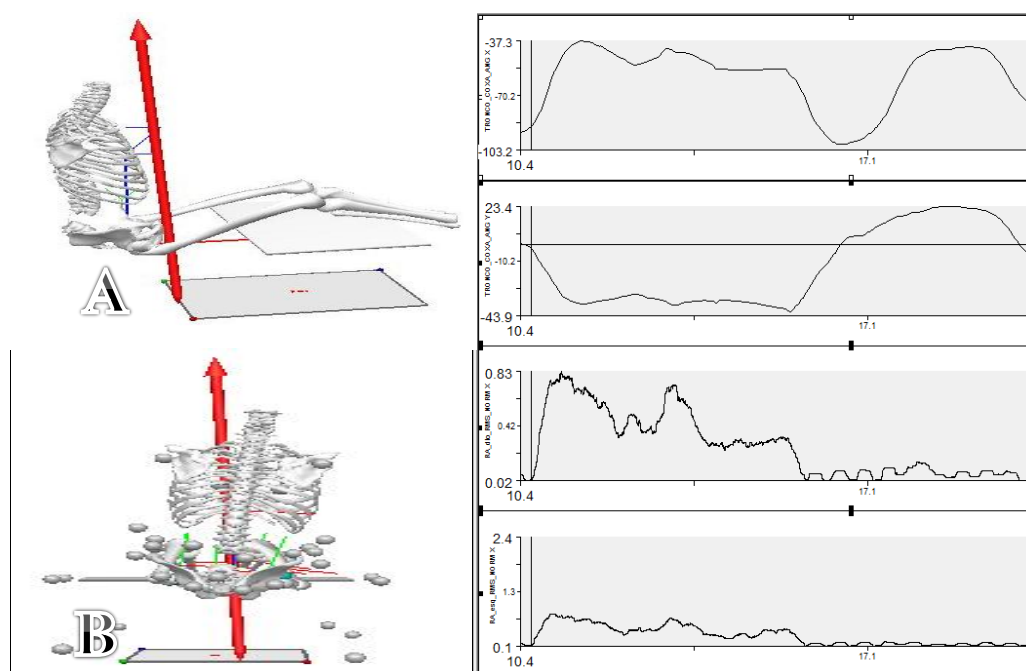


Figura nº 37 – (Sujeito nº 5) Os gráficos representam de cima para baixo: a) posições angulares tronco-coxa plano sagital; b) posições angulares tronco-coxa plano frontal; c) EMG reto abdominal direito; d) EMG reto abdominal esquerdo. A escala dos gráficos de EMG são frações relativas à CIR obtida em posição isométrica, com U.A.

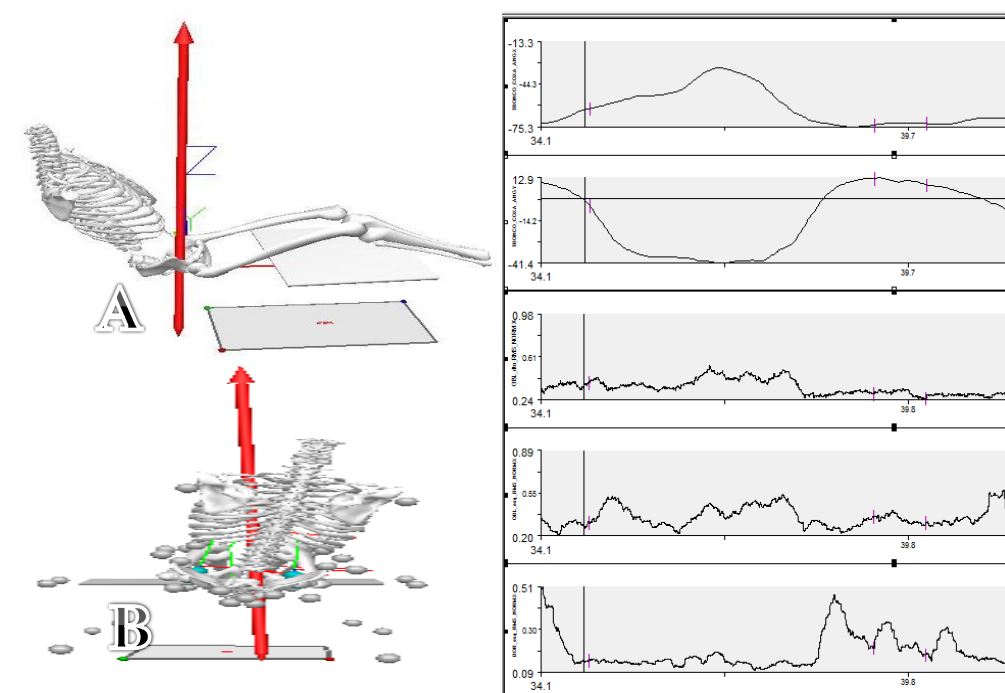


Figura nº 38 - (Sujeito nº 3) Os gráficos representam de cima para baixo: a) posições angulares tronco-coxa plano sagital; b) posições angulares tronco-coxa plano frontal; c) EMG abdominal oblíquo externo

direito; d) EMG abdominal oblíquo externo esquerdo; e) EMG grande dorsal esquerdo. A escala dos gráficos de EMG são frações relativas à CIR obtida em posição isométrica, com U.A.

Nos abdominais oblíquos externos, pode afirmar-se que a fracção de activação é diminuta. Na análise do grande dorsal esquerdo, apesar de não ter sido possível efectuar a recolha de sinal da melhor forma, os sujeitos apresentaram igualmente uma diminuta activação.

### 3.2.1.2. Fase Descendente

Após a passagem na fase anterior o velejador realiza um movimento de extensão no plano Sagital ao mesmo tempo que movimenta o seu tronco sobre um eixo através-través, aproximando neste caso o ombro esquerdo da popa do barco (devido a estar amurado a EB). Do ponto de vista da activação muscular os velejadores têm predominância de recrutamento dos músculos do lado esquerdo no trem inferior, reto femural esquerdo e vasto externo. Existe no entanto uma situação onde assim não acontece. Ao invés, finda esta fase de o atleta iniciar a sua fase ascendente, este permanece em extensão e faz movimentos de insistência no sentido da popa da embarcação, plano Frontal, de modo a obter o efeito de levantar a proa do Laser. Durante esta variante de execução do Ciclo de Prancha, é solicitado igualmente o reto femural direito.

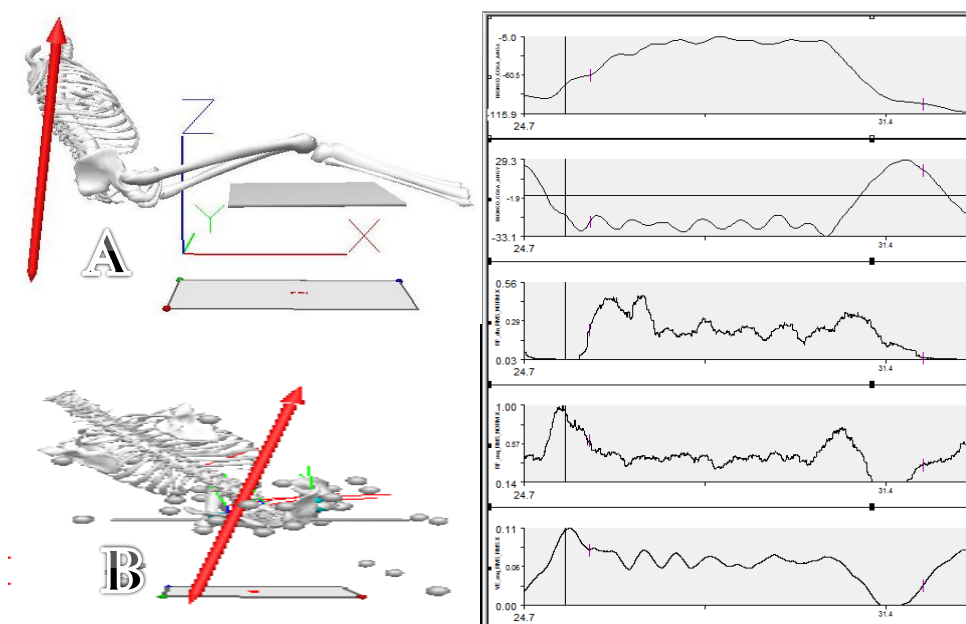


Figura nº 39 - (Sujeito nº 6) Os gráficos representam de cima para baixo: a) posições angulares tronco-coxa plano sagital; b) posições angulares tronco-coxa plano frontal; c) EMG reto femural direito; d) EMG reto femural esquerdo; e) EMG vasto externo esquerdo. A escala dos gráficos de EMG são frações relativas à CIR obtida em posição isométrica, com U.A.

São igualmente muito solicitados o reto abdominal direito e esquerdo. O nível de activação é quase sempre superior no lado direito e deverá estar relacionado em primeira instância com a extensão do tronco no plano Sagital, por conseguinte pela flexão do mesmo no sentido da popa, onde o lado direito terá um efeito de controlo de movimento.

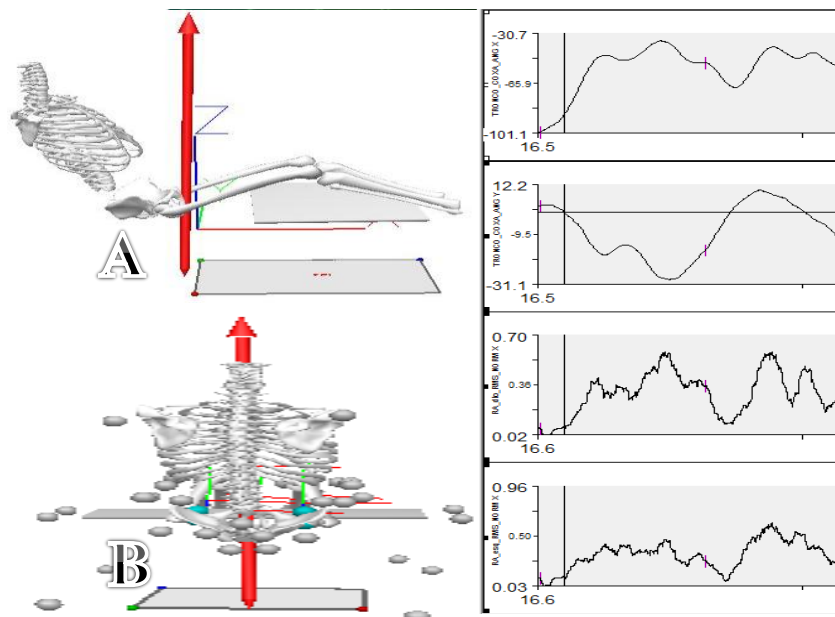


Figura nº 40 – (Sujeito nº 2) Os gráficos representam de cima para baixo: a) posições angulares tronco-coxa plano sagital; b) posições angulares tronco-coxa plano frontal; c) EMG reto abdominal direito; d) EMG reto abdominal esquerdo. A escala dos gráficos de EMG são frações relativas à CIR obtida em posição isométrica, com U.A.

Ao nível dos abdominais oblíquos externos os resultados obtidos mostram alguma disparidade, com a maioria dos velejadores a requisitar o lado esquerdo, mantendo o oblíquo direito inalterado; havendo também quem promova a activação bilateral com igual intensidade e, noutro caso, um sujeito que durante esta fase tem maior activação no lado direito.

O dorsal esquerdo apresenta, à excepção de um atleta, inalteração do seu estado de activação durante este período.

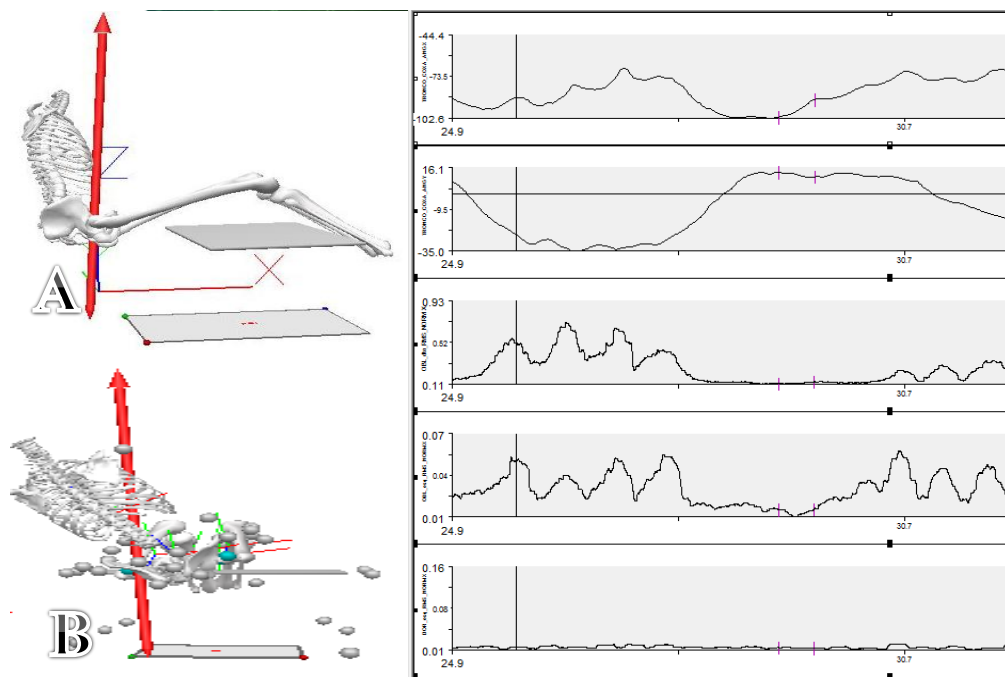


Figura nº 41 – (Sujeito nº 1) Os gráficos representam de cima para baixo: a) posições angulares tronco-coxa plano sagital; b) posições angulares tronco-coxa plano frontal; c) EMG abdominal oblíquo externo direito; d) EMG abdominal oblíquo externo esquerdo; e) EMG grande dorsal esquerdo. A escala dos gráficos de EMG são frações relativas à CIR obtida em posição isométrica, com U.A.

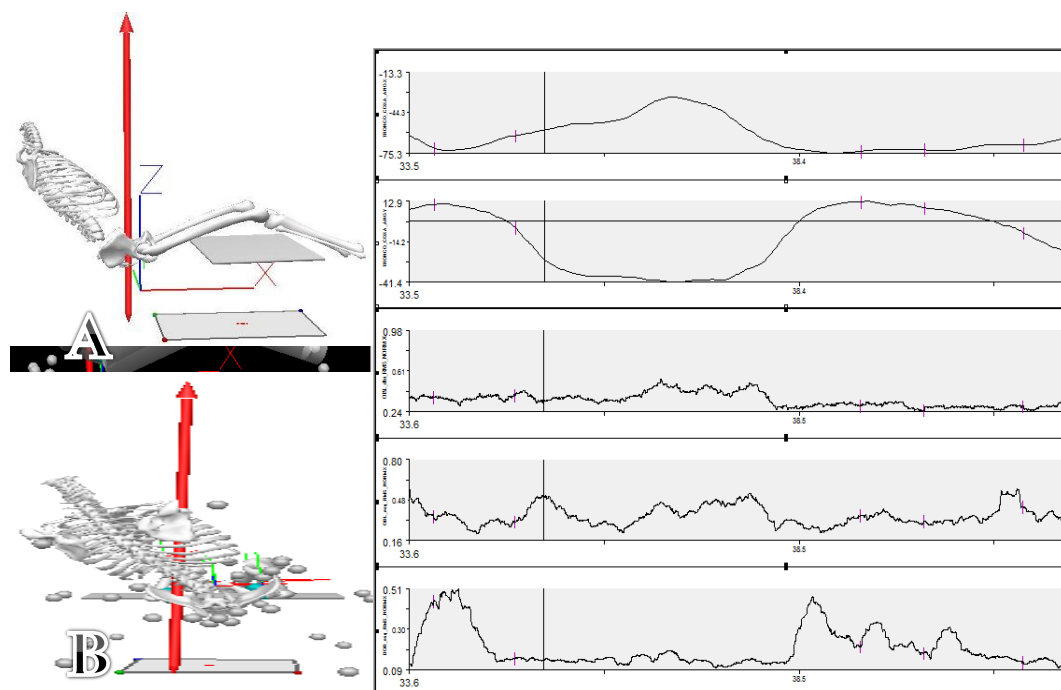


Figura nº 42 – (Sujeito nº 3) Os gráficos representam de cima para baixo: a) posições angulares tronco-coxa plano sagital; b) posições angulares tronco-coxa plano frontal; c) EMG abdominal oblíquo externo direito; d) EMG abdominal oblíquo externo esquerdo; e) EMG grande dorsal esquerdo. A escala dos gráficos de EMG são frações relativas à CIR obtida em posição isométrica, com U.A.

### 3.2.1.3. Fase Ascendente

Quando os sujeitos iniciam o movimento do tronco no sentido da flexão do mesmo sobre as coxas, havendo também uma rotação do mesmo no plano Frontal, então estamos perante a fase Ascendente do Ciclo de Prancha. Neste período, a activação da musculatura do trem inferior é inversa ao que é apresentado na fase anterior. Aqui existe um decréscimo de comparticipação muscular à esquerda e um aumento no lado direito, ao nível do reto femural. Este período caracteriza-se no seu final pela flexão do tronco no plano sagital e rotação do mesmo no sentido da proa da embarcação (movimento no eixo través-través); onde na maioria dos sujeitos se observou um baixo nível de activação muscular à esquerda e o pico máximo de contracção do reto femural direito durante todo o Ciclo de Prancha. No entanto, um dos sujeitos da amostra obteve um pico de recrutamento muscular do lado direito do trem inferior no momento da inversão do sentido de rotação do tronco no plano Frontal (popa-proa) e um nível de ativação do vasto externo mais elevado aquando da máxima amplitude do tronco no sentido da proa do Laser (eixo través-través).

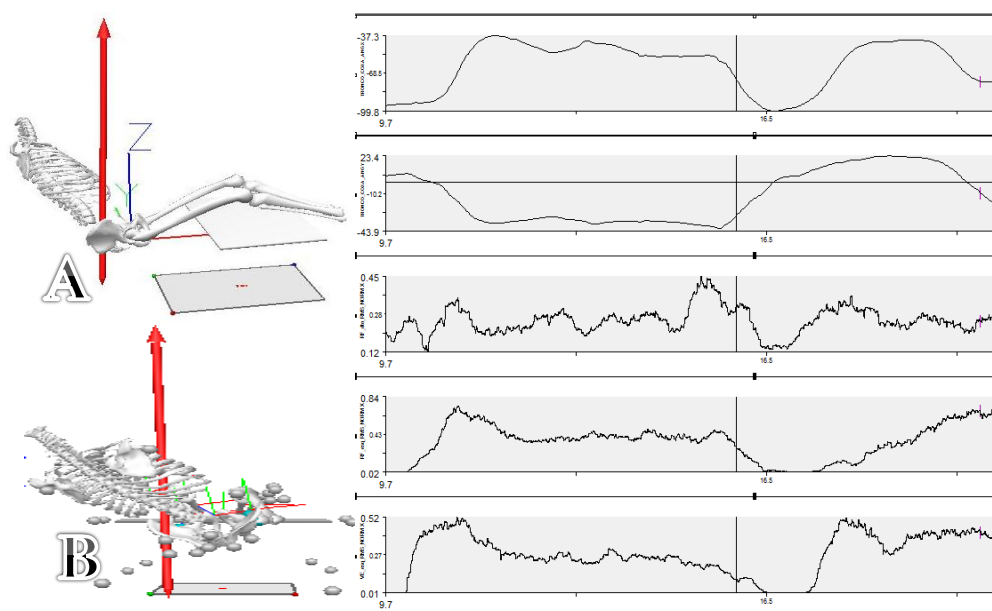


Figura nº 43 – (Sujeito nº 5) Os gráficos representam de cima para baixo: a) posições angulares tronco-coxa plano sagital; b) posições angulares tronco-coxa plano frontal; c) EMG reto femural direito; d) EMG reto femural esquerdo; e) EMG vasto externo esquerdo. A escala dos gráficos de EMG são frações relativas à CIR obtida em posição isométrica, com U.A.

Esta etapa do Ciclo é caracterizada pelo unânime decréscimo da actividade muscular ao nível da parede abdominal central. Retos abdominais esquerdo e direito diminuem drasticamente o seu nível de recrutamento assim que o sujeito inicia a flexão do tronco (plano Sagital) e a rotação no sentido da proa (plano Frontal). Em alguns casos foi possível inclusivé verificar a completa ausência de sinal EMG.

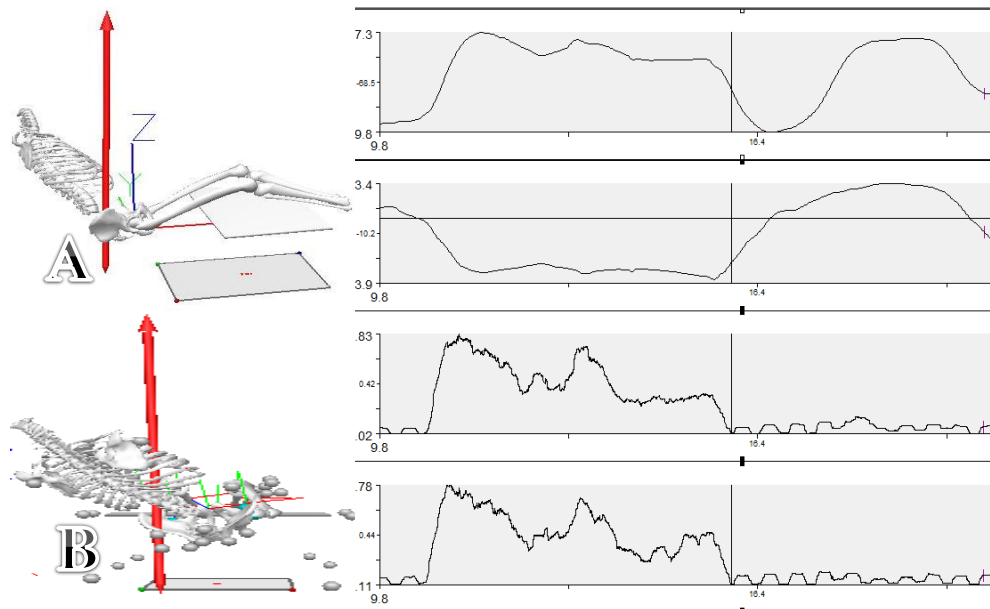


Figura nº 44 – (Sujeito nº 5) Os gráficos representam de cima para baixo: a) posições angulares tronco-coxa plano sagital; b) posições angulares tronco-coxa plano frontal; c) EMG reto abdominal direito; d) EMG reto abdominal esquerdo. A escala dos gráficos de EMG são frações relativas à CIR obtida em posição isométrica, com U.A.

Ao nível dos abdominais oblíquos externos, este período é pautado por um decréscimo acentuado na activação de ambos os lados durante a flexão do tronco, sendo que no exacto momento que antecede este movimento é possível observar picos de activação. Nestes pontos de inversão do movimento existem atletas que têm predominância de participação muscular à esquerda, atletas cuja maior contribuição se faz à direita e outros ainda onde os valores são muito uniformes entre os dois lados.

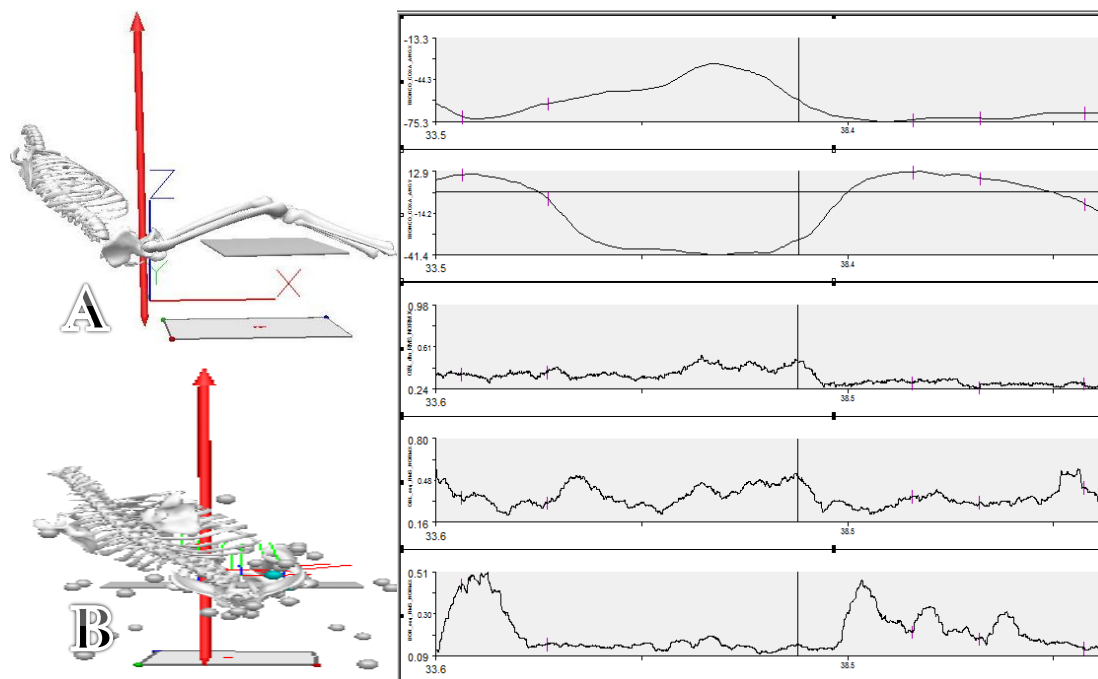


Figura nº 45 – (Sujeito nº 3) Os gráficos representam de cima para baixo: a) posições angulares tronco-coxa plano sagital; b) posições angulares tronco-coxa plano frontal; c) EMG abdominal oblíquo externo direito; d) EMG abdominal oblíquo externo esquerdo; e) EMG grande dorsal esquerdo. A escala dos gráficos de EMG são frações relativas à CIR obtida em posição isométrica, com U.A.

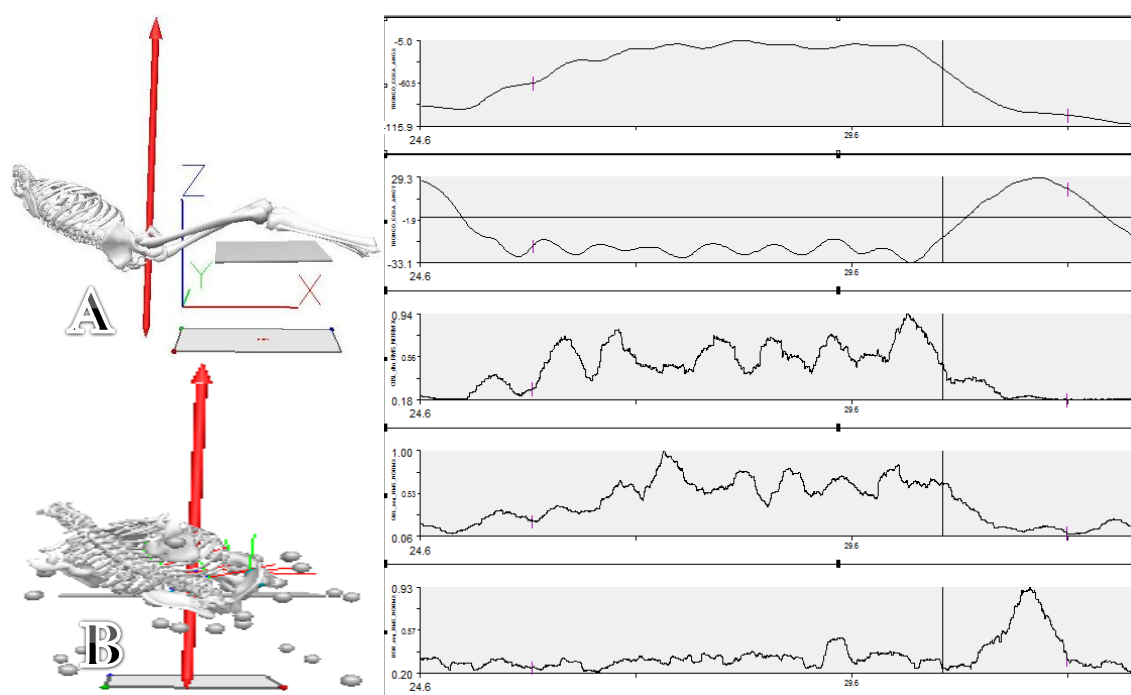


Figura nº 46 – (Sujeito nº 6) Os gráficos representam de cima para baixo: a) posições angulares tronco-coxa plano sagital; b) posições angulares tronco-coxa plano frontal; c) EMG abdominal oblíquo externo direito; d) EMG abdominal oblíquo externo esquerdo; e) EMG grande dorsal esquerdo. A escala dos gráficos de EMG são frações relativas à CIR obtida em posição isométrica, com U.A.



No final desta fase apenas um indivíduo apresentou um grande aumento na activação do abdominal oblíquo externo esquerdo, enquanto a maioria dos sujeitos permanece com níveis de recrutamento muscular baixos ou nulos. No que ao dorsal esquerdo concerne, verifica-se uma acentuada activação nos últimos graus desta fase do movimento.

#### 3.2.1.4. Fase Descendente Final (regresso à posição neutra)

Neste regresso à posição Neutra, os velejadores executam um movimento semelhante ao indicado na fase Descendente. Desta forma em termos electromiográficos e começando pelo trem inferior, verifica-se o decréscimo de activação à direita e um aumento gradual de activação do reto femural esquerdo e vasto externo esquerdo.

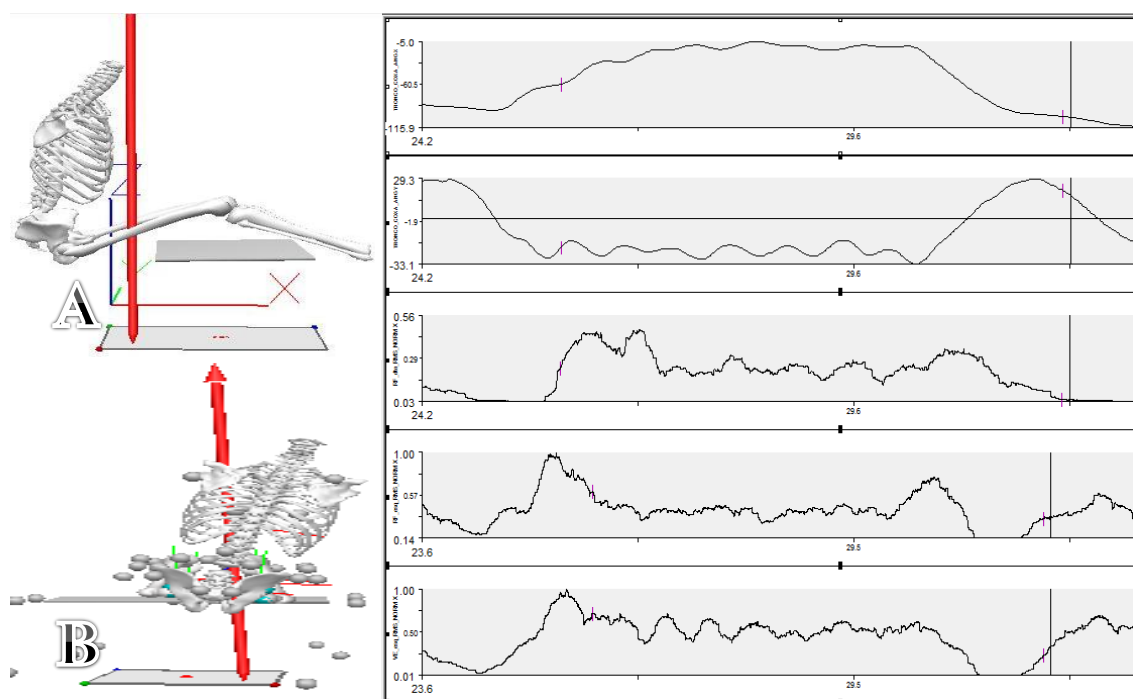


Figura nº 47 – (Sujeito nº 6) Os gráficos representam de cima para baixo: a) posições angulares tronco-coxa plano sagital; b) posições angulares tronco-coxa plano frontal; c) EMG reto femural direito; d) EMG reto femural esquerdo; e) EMG vasto externo esquerdo. A escala dos gráficos de EMG são frações relativas à CIR obtida em posição isométrica, com U.A.

Ao nível da parede abdominal corrobora-se a redução da participação dos retos abdominais esquerdo e direito.

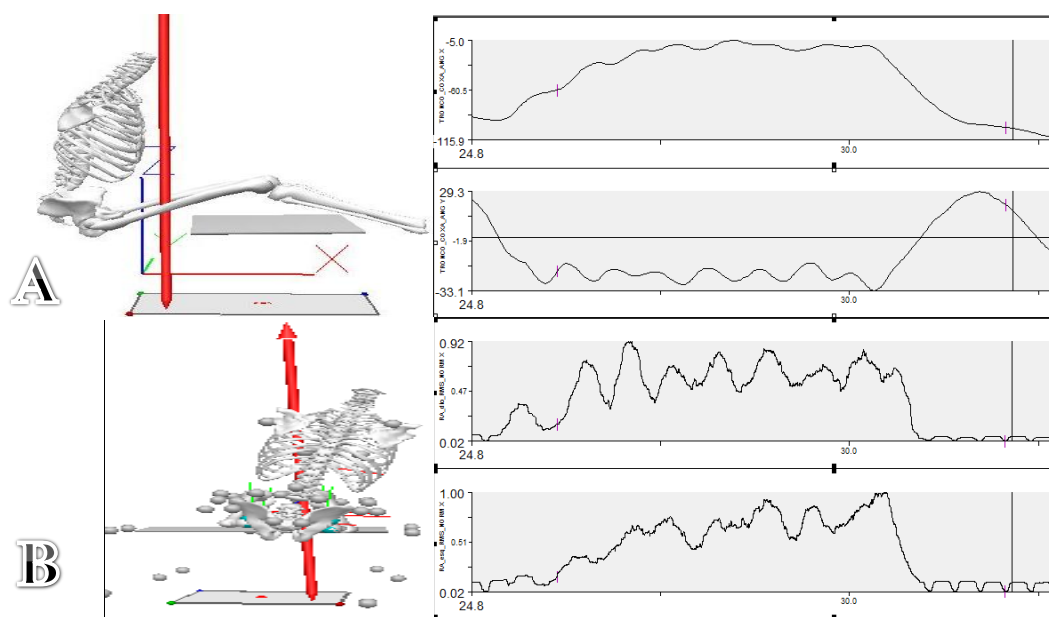


Figura nº 48 – (Sujeito nº 6) Os gráficos representam de cima para baixo: a) posições angulares tronco-coxa plano sagital; b) posições angulares tronco-coxa plano frontal; c) EMG reto abdominal direito; d) EMG reto abdominal esquerdo. A escala dos gráficos de EMG são frações relativas à CIR obtida em posição isométrica, com U.A.

No que aos abdominais oblíquos externos diz respeito não existe nenhum padrão entre os sujeitos, apresentando diversas fórmulas de activação muscular: activação predominante à esquerda, incluindo o grande dorsal; activação somente no abdominal oblíquo externo direito; activação bilateral dos abdominais oblíquos externos ou nenhuma activação. Todos estes processos apresentam também diferenças na execução que são abordadas no capítulo seguinte.

Relativamente à frequência de repetições deste ciclo nos dois intervalos analisados de cada sujeito, a tabela nº3 é elucidativa dos resultados obtidos. A maioria da amostra diminuiu o número de repetições do primeiro para o segundo intervalo, tendo havido dois sujeitos desviantes, um que teve um ligeiro aumento e outro que manteve a frequência de repetição. Note-se que as repetições estão directamente relacionadas com a percepção dos sujeitos das condições e dos gestos técnicos do filme de condição real que estavam a replicar.

Tabela nº3 – Número de repetições de Ciclo de Prancha por sujeito por intervalo.

Sujeitos/ Intervalos	[2,3]	[17,18]
Sujeito nº1	9	7
Sujeito nº2	10	5
Sujeito nº3	13	7
Sujeito nº4	6	5
Sujeito nº5	6	6
Sujeito nº6	7	9

### 3.3. Os movimentos angulares e a participação muscular

Durante a execução do movimento de prancha, mais concretamente durante uma perna de bolina, tarefa que pretendeu ser replicada neste estudo, os velejadores executam movimentos singulares que na sua totalidade representam os processos cíclicos acima descritos.

Tendo anteriormente destacado o efeito que a acção do velejador tem na embarcação, pretende-se, agora, estabelecer a ligação entre a acção do atleta, a sua repercussão no barco e a actividade muscular inerente.

#### 3.3.1. Plano Sagital

No desenrolar da navegação à bolina, o velejador da classe Laser é, a partir de uma intensidade de vento entre os 8 e os 10 nós, obrigado a recorrer à posição de prancha para equilibrar a força que o vento exerce sobre a vela.

O movimento sobre o plano sagital, no qual o tronco do velejador se desloca entre a posição de mais perto da borda da embarcação, flexão, e a posição de maior alavanca, distendido fora de borda, extensão, tem por si só o objectivo de equilibrar a embarcação, mantendo-a direita.

É necessário destacar a importância da navegação à bolina mantendo o barco direito. Este equilíbrio é fundamental para se estabelecer o alinhamento entre o centro do patilhão e o centro vélico. Um barco adornado a sotavento tem tendência a orçar, e um barco adornado a barlavento tem tendência a arribar. Para seguir uma trajectória recta com uma embarcação que não está perfeitamente equilibrada é necessário mexer

no leme, aumentando a cada momento o atrito da embarcação e diminuindo a sua velocidade de ponta. Note-se que isto diz respeito à embarcação da classe Laser, podendo ser aplicado a demais embarcações de vela ligeira que não sejam portadoras de quilha.

Após esta breve descrição, é perceptível que a acção dos velejadores no plano sagital seja fulcral na manutenção do seu equilíbrio e, por conseguinte, no rendimento da embarcação.

No presente estudo, recorreu-se também à electromiografia para identificar a acção muscular em cada uma das acções planares dos sujeitos. Desta forma destaca-se para a flexão-extensão o seguinte:

- É inevitável afirmar que o grau de extensão está inteiramente relacionado com o nível de activação muscular. Desta forma foi observado que para a extensão os sujeitos requisitaram em primeira instância os retos femurais e os retos abdominais. O vasto externo esquerdo foi igualmente activado mas apresentou maior valor de activação aquando da rotação no plano frontal. Os abdominais oblíquos apresentaram valores muito baixos.

### **3.3.2. Plano Frontal**

Mais uma vez durante a bolina, os velejadores encontram-se a grande maioria das vezes com condições de mar menos favoráveis. Seja pela própria onda ou seja pela mareta levantada pela acção de vento e/ou corrente, é necessário fazer com que a embarcação não embata “de chapa” contra as ondas. Esta terminologia é referente ao embate desamparado e de frente da proa da embarcação na onda.

Para que tal não aconteça, ou para que aconteça de uma forma mais suave e/ou menos danosa para a velocidade de ponta da embarcação, o velejador executa um movimento de rotação do tronco segundo o plano frontal de forma a aproximar os seus ombros da linha de popa da embarcação ou da proa, dependendo da acção que seja necessária. Quando o objectivo é “tirar a proa” da onda, impedindo o embate, o ombro do lado do leme é aproximado da linha de popa, fazendo a rotação de todo o tronco nesse sentido; quando há necessidade de ajudar o barco a descer a *cava* da onda, o

ombro do lado da proa é aproximado da mesma, promovendo a rotação do tronco para a parte dianteira do barco.

Interessa conhecer durante os movimentos de rotação sentido popa e de rotação sentido proa, quais são entre os músculos analisados os que mais intervêm:

- Esta execução é efectuada geralmente em conjunto com a extensão no plano sagital, de forma que os músculos anteriormente referidos como tendo maior envolvimento no movimento do plano acima descrito estão igualmente presentes. A diferença chega pois da componente muscular lateral (abdominais oblíquos e vasto externo). Uma vez que só o vasto externo esquerdo deteve eléctrodo, analisou-se a rotação no sentido de considerar o velejador amurado a EB. Apesar disto, não foi possível achar uma consonância em termos de activação, com a maioria a promover a activação do lado esquerdo com maior intensidade, apesar de ter existido um sujeito com maior activação à direita. Pensa-se que a activação dos músculos do lado oposto àquele para onde está a ser feito o movimento ocorrerá quando o sujeito trava o movimento, ou seja, quando executa a rotação sobre o seu lado esquerdo. No final promove a activação do abdominal oblíquo direito.

### **3.3.3. Plano Longitudinal**

Uma vez usada a análise cinemática pode-se inferir que existe ainda uma terceira componente no movimento de prancha, a rotação sobre o eixo longitudinal. Embora não se saiba qual o efeito que terá na embarcação, o facto é que esta componente esteve presente em todos os sujeitos desta amostra e é parte integrante deste movimento.

Desta forma sugere-se como principais intervenientes do ponto de vista muscular para a execução desta componente planar:

- Mais uma vez, todos os músculos intervenientes na extensão do plano sagital e na rotação do plano frontal. Esta torção é geralmente efectuada nos últimos graus de extensão e rotação dos planos anteriormente caracterizados. Desta forma relega-se sobre os mesmos grande parte da causalidade da activação muscular. Existe somente um aspecto sobre o qual vale a pena reflectir: se foi nos últimos graus de rotação que se deu a torção e se na descrição do plano frontal se abservou uma activação do abdominal oblíquo do lado oposto àquele para onde se executou o movimento, então poderá estar

relacionada essa mesma activação com este movimento de torção sobre o plano longitudinal.

### 3.4. Isometria e Fadiga

A Isometria no pré e pós tarefa, com garantia de posição estática, foi efectuada tendo em vista a possibilidade de comprovação de existência de fadiga. Esta análise é efectuada com recurso à mediana de frequências do sinal de EMG. A mediana tem portanto que ser obtida na mesma posição angular articular de forma a garantir que o sinal EMG é fundamentalmente originário dos mesmos grupos de unidades motoras.

O intervalo de isometria final, onde os sujeitos mantiveram a posição de prancha, num ângulo fixo, com um peso sobre o peito, mostrou alguns indicadores do desgaste da perna de bolina replicada. Pode-se neste campo distribuir os sujeitos em três grupos.

Como se pode observar no gráfico da figura nº49, distingue-se o grupo dos que *foram capazes de manter a posição de prancha*.

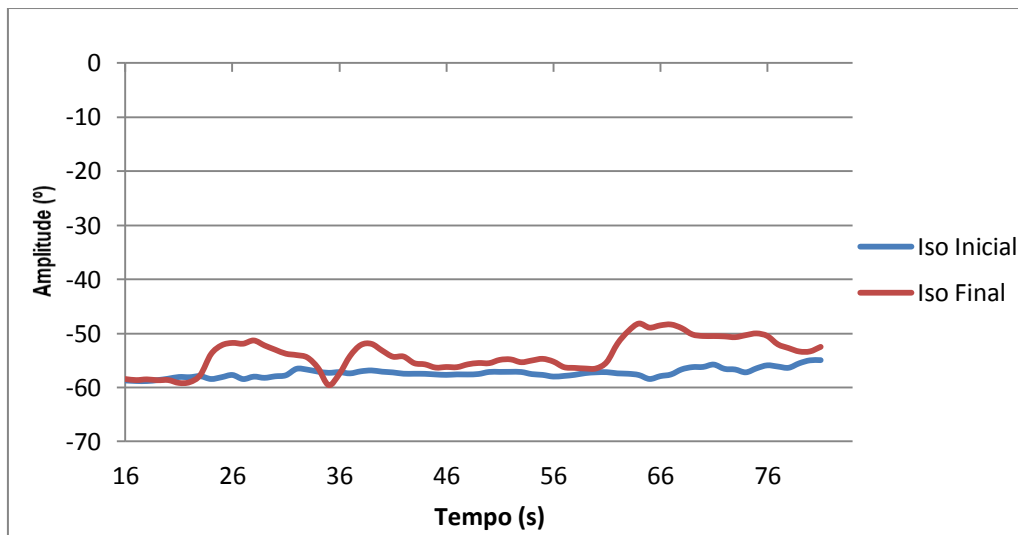


Figura nº 49 – Gráfico da Amplitude Intersegmentar Tronco-Coxa no plano Sagital, sujeito nº 3.

No gráfico da figura nº 50 distingue-se um segundo grupo daqueles que *tiveram ligeiras variações de amplitude na posição de prancha*.

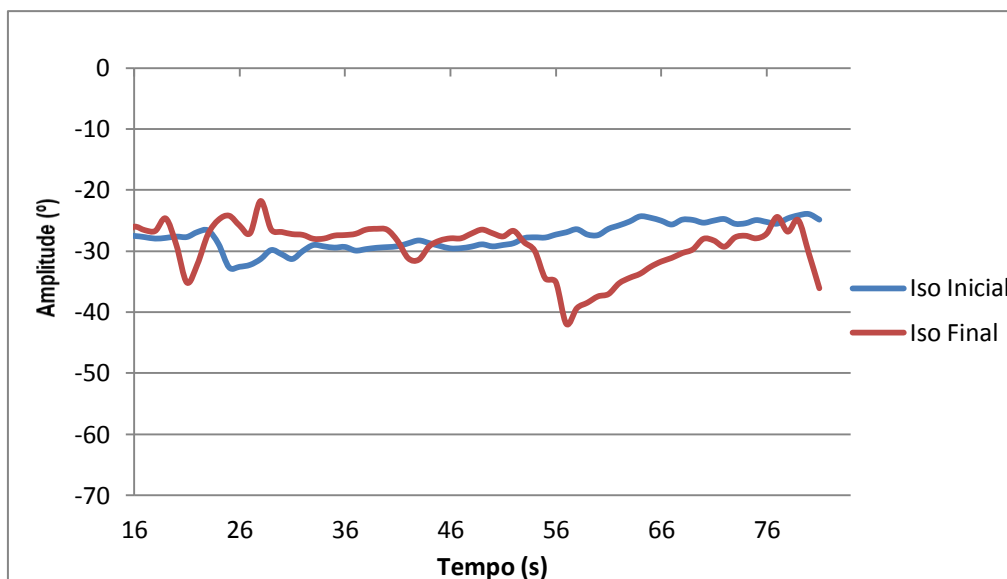


Figura nº 50 - Gráfico da Amplitude Intersegmentar Tronco-Coxa no plano Sagital, sujeito nº 2.

Por último, no gráfico da figura nº 51 está patente o resultado correspondente ao grupo dos que *não conseguiram de todo manter a posição de prancha*.

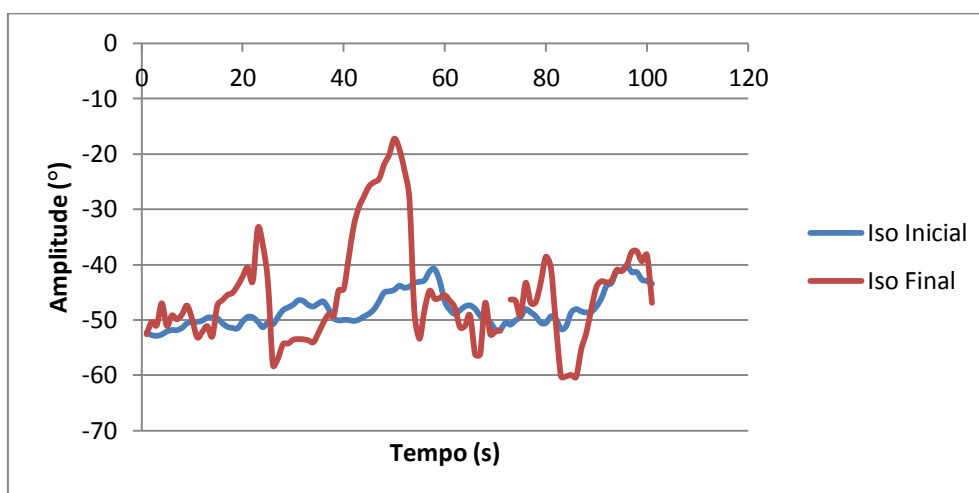


Figura nº 51 – Gráfico da Amplitude Intersegmentar Tronco-Coxa no plano Sagital, sujeito nº 4.

Foi selecionado um intervalo de tempo ( $t = 5\text{seg}$ ) onde os sujeitos apresentaram uma posição anatómica muito semelhante, a fim de comparar os valores da mediana de frequência nestes sujeitos.

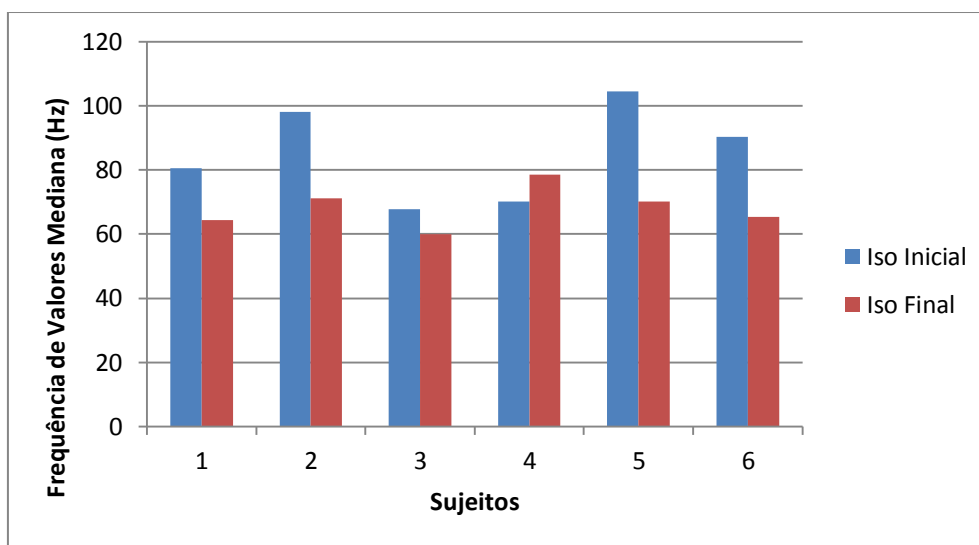


Figura nº 52 – Valores de mediana de frequência de EMG do reto femural esquerdo, durante isometria pré-tarefa e pós-tarefa, por sujeito.

Para os dois velejadores que conseguiram manter o ângulo pretendido durante a totalidade do tempo, foram calculadas as medianas de frequência para os músculos envolvidos na tarefa. Deste cálculo pode-se sugerir o aparecimento de sinais de fadiga (diminuição dos valores das respectivas medianas) no dorsal esquerdo, abdominais oblíquos (direito e esquerdo), retos femurais (com maior impacto à esquerda). Tendo, porém, os valores do vasto externo esquerdo e reto abdominal direito aumentado. O único valor dissonante entre estes dois atletas foi o reto abdominal esquerdo, que teve um valor mais baixo do intervalo isométrico inicial para o final num atleta e mais elevado no outro velejador estudado.



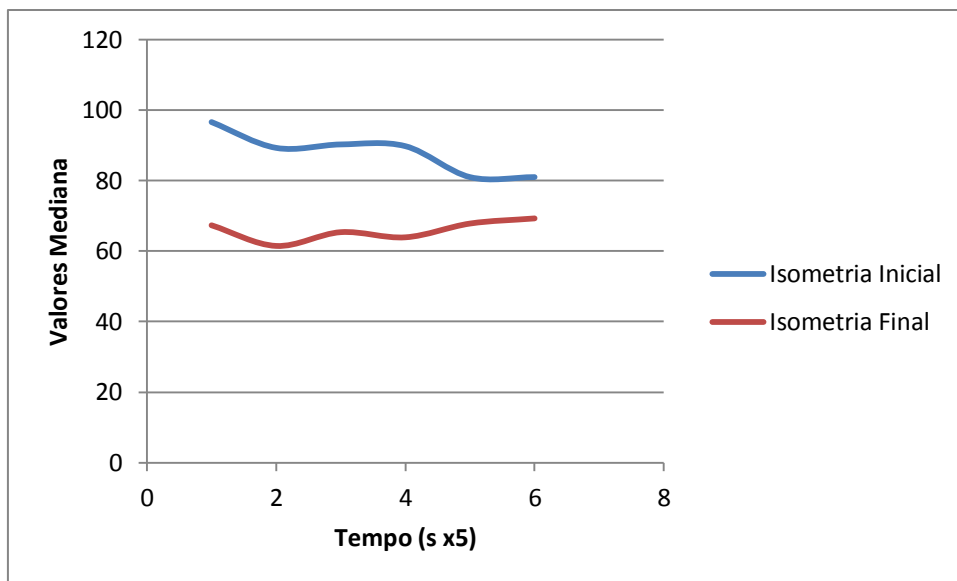


Figura nº 53 – Gráfico da Mediana de valores de activação do reto femural esquerdo, sujeito nº6. Indicador de presença de fadiga.

Fez-se a comparação das medianas de frequências relativas aos dados EMG para os abdominais oblíquos e retos abdominais. Pelos resultados obtidos é claramente observável que, nesta amostra, os abdominais oblíquos apresentam maior susceptibilidade de indícios de fadiga.

Tabela nº 4 – Valores médios e desvio padrão das medianas de frequência de EMG dos retos abdominais e abdominais oblíquos, direito e esquerdo, da amostra analisada, em Hz.

		Direito		Esquerdo	
		RT Abdo	Abdo Obl	RT Abdo	Abdo Obl
Sujeito nº1	Iso Inicial	75,93 ± 11,14 Hz	52,52 ± 11,21 Hz	79,02 ± 12,39 Hz	61,95 ± 3,73 Hz
	Iso Final	87,97 ± 12,57 Hz	57,24 ± 12,13 Hz	76,59 ± 12,90 Hz	64,07 ± 3,96 Hz
Sujeito nº2	Iso Inicial	106,67 ± 14,86 Hz	68,05 ± 25,34 Hz	98,78 ± 5,13 Hz	52,28 ± 5,28 Hz
	Iso Final	107,40 ± 19,46 Hz	97,31 ± 29,82 Hz	78,29 ± 8,99 Hz	49,92 ± 4,37 Hz
Sujeito nº3	Iso Inicial	121,46 ± 4,13 Hz	51,30 ± 2,93 Hz	107,80 ± 5,43 Hz	50 ± 2,24 Hz
	Iso Final	134,72 ± 8,14 Hz	51,30 ± 2,10 Hz	110,49 ± 5,60 Hz	51,06 ± 13,09 Hz
Sujeito nº4	Iso Inicial	111,46 ± 4,71 Hz	58,86 ± 2,67 Hz	74,72 ± 4,58 Hz	48,54 ± 3,84 Hz
	Iso Final	85,37 ± 15,69 Hz	48,86 ± 4,63 Hz	59,51 ± 4,50 Hz	22,60 ± 4,55 Hz
Sujeito nº5	Iso Inicial	97,97 ± 4,22 Hz	44,80 ± 5,18 Hz	97,24 ± 4,78 Hz	59,59 ± 4,23 Hz
	Iso Final	96,10 ± 9,04 Hz	45,69 ± 0,67 Hz	83,17 ± 34,97 Hz	61,71 ± 2,44 Hz
Sujeito nº6	Iso Inicial	74,63 ± 3,37 Hz	65,45 ± 5,30 Hz	79,02 ± 4,17 Hz	50,49 ± 3,35 Hz
	Iso Final	71,54 ± 11,87 Hz	56,67 ± 5,36 Hz	99,67 ± 9,34 Hz	39,67 ± 2,61 Hz

## IV - Discussão de Resultados

---

Na análise dos resultados obtidos importa em primeira instância identificar a semelhança entre a descrição de amplitudes que é possível observar entre os segmentos Tronco/Coxa e Pélvis/Coxa no plano sagital; com estes últimos a revelarem menor amplitude angular. Esta situação elucida um menor movimento por parte do segmento Coxas, como era espectável segundo o estudo de *Spurway* [18] onde se enfatiza a *quase isometria* do trem inferior.

Pode-se também verificar que relativamente ao plano sagital (flexão- extensão) os sujeitos executam maiores amplitudes no último minuto da perna de bolina, ao nível do par de segmentos Tronco/Coxa e Pélvis/Coxa.

Existe, porém, uma dessincronia no par de segmentos Tronco/Pélvis. Neste último observa-se uma diminuição da amplitude do primeiro intervalo para o segundo intervalo de tempo analisado. Esta disparidade face aos outros pares de segmentos estudados indica que, apesar de o ângulo Pélvis/Coxa ter um aumento de amplitude com o passar do tempo de execução, o Tronco, quando comparado com a Pélvis, não acompanha a extensão desta última. É possível afirmar, portanto, que os velejadores da amostra, na sua generalidade, executam o final da perna de bolina com os ombros (parte superior do tronco) mais próximos da borda da embarcação, o que fará com que diminua o tamanho do braço de força necessário à contraposição da força exercida pelo vento sobre a área vélica. Isto acontece em simultâneo com o aumento generalizado da extensão da Pélvis relativamente à Coxa, o que sugere que os velejadores da amostra naveguem no fim da perna de bolina com a zona pélvica mais abaixo relativamente à borda da embarcação, mas com o tronco em maior flexão, próximos da borda. Apesar de não ter sido visível de forma clara, aquando da recolha de dados, esta posição, que na gíria é designada por “*prancha em caracol*”, é frequentemente observada tanto em velejadores de nível regional e nacional, como em velejadores de cariz internacional, como são os da amostra em questão, embora nestes últimos o fenómeno se verifique em muito menos ocasiões, normalmente quando não estão na sua melhor forma, em situações de grande fadiga, e de modo menos perceptível.

Do ponto de vista da velocidade entre os dois intervalos avaliados no plano sagital, observa-se novamente semelhança nos pares de segmentos Tronco/Coxa e Pélvis/Coxa. Nestes os valores absolutos do 1º par acima referido são menores que no par que engloba a Pélvis, e em ambos existe um aumento da velocidade angular do primeiro para o segundo intervalo avaliado. Estes resultados sugerem um incremento da exigência dos movimentos nos dois sentidos, extensão e flexão, no decorrer da perna de bolina. Por outro lado, é normal que segmentos de ângulos adjacentes (com significado anatómico) tenham menor alavanca e, portanto, maior velocidade de execução de movimento entre eles. No par de segmentos Tronco/Pélvis, verifica-se igualmente um aumento das velocidades do primeiro para o segundo intervalo de tempo estudados, tanto no que respeita ao movimento de extensão como no de flexão.

Na análise dos resultados das relações intersegmentares no plano Frontal, destaca-se a semelhança ao nível de valores obtidos entre os segmentos Tronco-Pélvis e Tronco-Coxa. No que à amplitude diz respeito, é visível o aumento de valores do período inicial para o final, sendo o aumento da intensidade da replicação o responsável por essa característica transversal a todos os sujeitos da amostra. Sendo este movimento de rotação no sentido Proa-Popa e vice-versa, foi verificado que, durante o intervalo mais próximo do fim da tarefa, os ângulos obtidos deixam antever maior rotação no sentido da proa da embarcação. Se for tido em conta que este sentido de rotação do tronco é, em termos práticos, o “pós” passagem da embarcação pela onda, sendo realizado com menores valores de extensão do plano sagital, pode-se daqui inferir que, com o aparecimento de fadiga, os velejadores da amostra tendem a adoptar a posição de maior flexão sagital e, por conseguinte, de maior rotação no sentido da proa no plano frontal.

No mesmo plano, as velocidades de execução foram sempre superiores no segundo intervalo estudado. Isto indica que tanto na rotação no sentido da popa, como no sentido da proa, os executantes fizeram-no com maior velocidade na fase final da tarefa. Existem, porém, alguns deles que obtiveram um acréscimo mais elevado para valores respeitantes à rotação no sentido da proa, o que corrobora a hipótese explicativa apresentada anteriormente para os resultados obtidos para este plano ao nível das amplitudes intersegmentares.

Como movimento no seu todo, existe ainda o plano Longitudinal como componente no movimento de prancha. Para este plano foi tida em consideração a torção do próprio corpo, de “cara à popa” com valores positivos e de “cara à proa” com valores negativos. Mais uma vez encontrou-se semelhanças entre os pares de segmentos Tronco-Pélvis e Tronco-Coxa. Obteve-se alguns resultados diferentes de indivíduo para indivíduo, com a generalidade da amostra a aumentar a amplitude de torção para o intervalo do fim da tarefa. Este aumento resulta de um aumento das amplitudes nos dois sentidos, sendo que para o intervalo [17,18] é notório que a torção “face à proa” é maior. Mais uma vez estes resultados estão em conformidade com os descritos nos dois planos anteriores, sendo a predominância da flexão sagital, da rotação no sentido da proa e da torção “face à proa” indicadores de menor eficiência no movimento de prancha. Todos estes dados deixam antever menor alavanca por parte dos velejadores e menores amplitudes, que se poderão traduzir em menor eficiência no movimento de transposição das ondas. No que à velocidade concerne, a amostra apresentou valores absolutos mais elevados no segundo intervalo analisado. O aumento da velocidade de torção é notório quer no sentido de “face à popa” quer no sentido de “face à proa”, sendo este último mais evidente. Estes valores vão ao encontro do anteriormente descrito relativamente ao aparecimento de sinais de fadiga.

Após uma leitura gráfica foi possível destacar ciclos de movimento que se repetem durante a totalidade da perna de bolina e que são transversais a todos os indivíduos durante a tarefa. Procedeu-se à análise, através da observação no software V3D, da frequência de repetição do ciclo em cada um dos intervalos estudados, verificando-se que a maioria dos indivíduos apresentou um decréscimo no número de repetições do ciclo de prancha. Fez-se uma avaliação quantitativa descritiva dos parâmetros cinemáticos e electromiográficos que envolvem o Ciclo. A replicação está condicionada quer pelas condições do estado do mar e de vento (variações de intensidade e direção) aquando da filmagem, como também pela percepção e execução dos sujeitos da amostra, relativamente ao vídeo da perna de bolina em condição real. Este Ciclo divide-se em quatro fases: Neutra Inicial, Descendente, Ascendente, Descendente Final (nova posição neutra) [Figura nº35].

É possível verificar pequenas variações em diferentes velejadores que podem advir tanto de maiores competências técnicas, devido a uma maior experiência, como também do nível de fadiga que cada atleta apresenta ao longo da simulação da perna de

bolina. Enfatiza-se, no entanto, a transversalidade do processo cíclico em questão que é evidente na totalidade da amostra. O levantar da proa do barco, impedindo que este bata de frente na onda, a manutenção do barco no plano horizontal contra a força exercida pelo vento e após a embarcação passar a onda, ajudá-lo a descer o espaço até à próxima onda, são os principais e inegáveis intuítos deste movimento acima descrito.

A Fase Neutra Inicial representa um instante por onde o velejador passa, e não uma posição assumida durante um período de tempo alargado. É assumidamente neutra no que ao plano frontal diz respeito, mas no plano sagital os atletas podem estar mais ou menos em extensão, dependendo da intensidade do vento (em condição real) ou neste caso da sua percepção das condições do vídeo a replicar (em condição laboratorial). Neste aspecto é possível distinguir a maior activação dos músculos da parede abdominal (retos abdominais) e dos retos femurais, para posição de maior extensão do plano sagital. Pelo contrário, abdominais oblíquos, dorsal esquerdo e vasto externo foram músculos sem activação ou com muito baixa activação nesta fase. Pode-se então inferir que esta será a fase de menor demanda muscular e, portanto, a de menor desgaste. Recorde-se porém que é uma fase instantânea, não tendo relevância em termos de longevidade temporal (Figura nº 48).

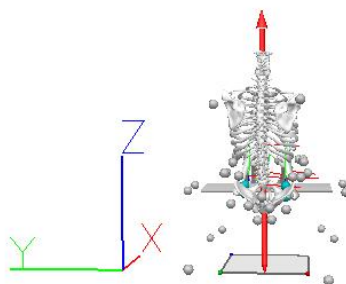


Figura nº 54 – Fase Neutra Inicial do Ciclo de Prancha

A fase seguinte, Descendente, é marcada pela extensão dos segmentos tronco e pélvis no plano sagital e pela sua rotação no plano frontal de modo a aproximar a parte superior do tronco (os ombros) da linha da popa do Laser. Este movimento típico dos velejadores de nível elevado desta classe faz com que a proa da embarcação se eleve de modo a não bater na onda de proa. A consequência da proa ao bater na onda é a

diminuição da velocidade de ponta do barco, estando pois este movimento directamente relacionado com a performance. Do ponto de vista muscular esta fase é marcada por uma requisição superior dos músculos do lado esquerdo. Existindo casos onde a activação à direita, essencialmente do reto femural e abdominal oblíquo acontece.

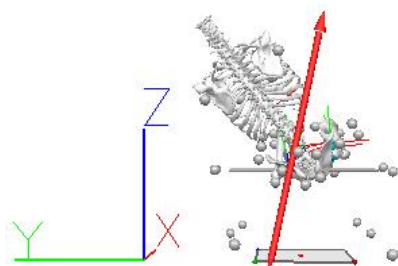


Figura nº 55 – Fase Descendente do Ciclo de Prancha

Uma possível interpretação dos resultados desviantes acima descritos leva a olhar para o movimento no seu todo e a observar que nestes casos os velejadores não se limitam à extensão do tronco e pélvis no plano sagital e à rotação sobre o eixo através-través, fazendo insistências sempre em amplitudes de extensão elevada. Na prática, esta execução é útil quando a intensidade do vento obriga a contrapor o seu efeito sobre a vela, ao mesmo tempo que o velejador se depara com ondas de proa, cuja distância entre elas é muito diminuta e faz com que não haja tempo de recuperar da extensão para a flexão, efectuando estas insistências como método para não perder rendimento. Verificado pelo nível de activação muscular aquando do período de maior extensão do tronco, pode-se especular que este momento de insistências é de grande desgaste muscular e somente exequível para velejadores de alto nível e bem preparados fisicamente. O controlo motor da rotação máxima no sentido da popa (plano frontal) será também um factor explicativo da activação muscular do lado direito, onde o reto femural e o abdominal oblíquo deverão ter um papel de controlo e suporte da extensão/rotação máxima efectuada pelo atleta no sentido da popa da embarcação (Figura nº 39).

O período em que o velejador inicia novamente a flexão do tronco é designado por fase Ascendente e termina somente com o máximo de rotação do tronco no sentido

da proa da embarcação (plano frontal). Do ponto de vista da flexão/extensão sob o plano sagital, nem sempre este término corresponderá ao momento de maior flexão, podendo os atletas efectuar uma ligeira extensão no plano acima referido após passagem pela posição neutra do eixo través-través. Numa abordagem electromiográfica observa-se o inverso do descrito na fase anterior. Aqui o lado direito dos atletas é o mais solicitado, ocorrendo mesmo o pico de maior activação ao nível do reto femural nesta fase. Existe, porém, à semelhança do que anteriormente foi descrito, um velejador da amostra cujo pico é conseguido no momento de início da flexão (passagem da fase descendente para a ascendente) e que apresenta um instante de extensão máxima no sentido da proa (plano frontal), no qual a activação do abdominal oblíquo esquerdo se dá com grande intensidade.

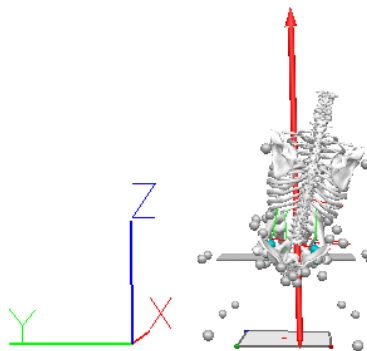


Figura nº 56 – Fase Ascendente (final) do Ciclo de Prancha

Mais uma vez sugere-se o facto de esta activação ser uma medida de controlo do movimento por parte do corpo. Ao nível da parede abdominal observa-se uma drástica diminuição ou mesmo ausência de activação nos retos abdominais, sendo os oblíquos igualmente de baixa activação. Existe, no entanto, grande activação no momento de inversão do sentido do movimento (início da flexão). O dorsal esquerdo apresenta valores de activação mais elevados para os últimos graus desta fase, ou seja, durante a extensão do tronco no sentido da proa sobre o eixo través-través. Este valor dever-se-á também a uma questão de controlo do movimento. Numa posição de flexão e rotação sobre o lado direito do plano frontal, o músculo exactamente no lado apostado ao qual o indivíduo está, é, neste caso, precisamente o dorsal esquerdo.

Do ponto de vista prático, a fase Ascendente, tem uma *nuance* que estimamos seja de extrema importância, dado que, até à data da realização deste estudo, nada o faria prever dentro da literatura consultada: a inclinação do tronco no sentido da proa segundo o eixo través-través. É sobejamente conhecida entre os velejadores mais experientes a necessidade de, mesmo na manobra de bolina, efectuar movimentos no sentido da proa da embarcação para que o peso do corpo ajude a transpôr o espaço que medeia entre picos de duas ondas. Não obstante, o que aqui se verificou, além da repetição generalizada de um movimento, no Ciclo de Prancha, foi a contínua inclinação do tronco no sentido da proa, no seguimento de uma extensão com rotação no sentido da popa, sobre o eixo través-través. Isto poderá sugerir que os velejadores, sempre que o espaço entre ondas o permita, efectuem este tipo de movimento. Estamos em crer que o movimento efectuado no sentido da proa terá o objectivo de fazer com que o velejador ganhe mais alavanca para que o movimento de flexão rotação para a popa seguinte tenha maior velocidade e amplitude e, portanto, mais eficácia sobre a embarcação. Poderá ser este o caminho para um estudo mais aprofundado do Ciclo de Prancha (Figura nº 43).

Por fim, a última fase, a Descendente Final, vem muito ao encontro do descrito na fase Descendente. A activação muscular do trem inferior começa a ser mais acentuada à esquerda. Os retos abdominais têm uma redução de activação e ao nível dos oblíquos não se encontra qualquer padrão de activação nos sujeitos desta amostra (Figura nº 47).

A fase Descendente Final deve ser vista como o retorno a uma nova posição neutra, mas deverá ser entendida em termos práticos como o início de uma nova fase de extensão e rotação no sentido da popa da embarcação. Se tivermos esta abordagem em linha de conta estaremos a olhar o movimento cíclico como um todo e melhor será interpretado o efeito deste sobre o Laser.



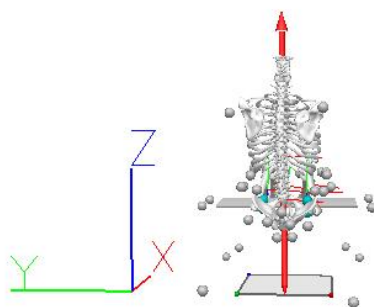


Figura nº 57 – (Nova) Fase Neutra do Ciclo de Prancha

Na execução da posição isométrica de prancha, os velejadores mostraram na sua totalidade o aparecimento de fadiga, eventual causa das situações aqui apresentadas para decréscimo do rendimento. A fadiga pode ser verificada neste caso pela impossibilidade de manutenção do ângulo previamente exigido ao velejador ( $135^\circ$ ) ou caso este consiga manter o mesmo, pelo cálculo da mediana de frequência electromiográfica. Neste último caso, tendo em conta os oito músculos analisados, destaca-se o claro começo de sinais de fadiga no lado esquerdo dos indivíduos, excepção feita ao vasto externo esquerdo. Esta discrepância deverá ocorrer devido a que, com o passar do tempo e com desgaste do reto femural esquerdo, o velejador requisite sobremaneira o vasto externo de forma compensatória. Deste modo observa-se um aumento da activação deste músculo dos instantes iniciais para os instantes finais.

## **Fadiga**

Mais uma vez pelos resultados obtidos na comparação das medianas de frequência, é importante destacar o papel dos abdominais oblíquos face aos retos abdominais. Apresentando os primeiros indícios de fadiga, pode-se afirmar que os abdominais oblíquos detêm maior desgaste durante uma perna de bolina na classe Laser, devendo ser alvo de maior incidência no processo de treino.

Será espectável que atletas muito bem preparados executem a tarefa deste estudo com alguma normalidade, sendo necessário recorrer a períodos de simulação maiores para se obter níveis de fadiga de tal modo preponderantes no movimento, que seja possível observar claramente grandes alterações na prestação do rendimento.

## V - Conclusões

---

A posição de prancha é a forma de manter o equilíbrio de uma embarcação *dinghy*. É notória a importância que assume esta posição para o rendimento da embarcação, estando a velocidade de ponta directamente relacionada com o ângulo com que a embarcação navega.

Apesar de alguns estudos anteriores sugerirem que a posição de prancha não é uma simples isometria, até à data da realização deste estudo não se tinha efectivamente demonstrado do ponto de vista cinemático a componente dinâmica da posição de prancha, passando a mesma neste trabalho a ser designada por movimento de prancha.

Na caracterização cinemática do movimento de prancha foram identificados movimentos sobre os três eixos ortornormados ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ), ou seja, nos três planos (sagital, frontal e longitudinal), segundo o ângulo determinado entre três segmentos: tronco, pélvis e coxas. Foi possível caracterizar do ponto de vista intersegmentar que os pares tronco-pélvis e tronco-coxa são mais próximos em termos de comportamentos e de valores entre si, do que com o intersegmento pélvis-coxa.

Com base nesta análise cinemática, foi possível detectar que com o desenrolar da tarefa os sujeitos, de uma forma geral, aumentaram as amplitudes e velocidades de execução, sendo dada ênfase à fase de flexão sobre o plano sagital que inevitavelmente implica a rotação e torção no sentido da proa. Embora do ponto de vista científico não se possa ainda afirmar, o certo é que do ponto de vista técnico da embarcação este é um dado indicador que pode sugerir a presença de fadiga nos sujeitos, sendo certamente indicador de diminuição de rendimento.

Foi identificado um movimento cíclico, transversal a todos os sujeitos da amostra, o qual se designou por Ciclo de Prancha. Neste movimento pode-se identificar quatro fases e descrever do ponto de vista electromiográfico a participação muscular existente a cada momento do Ciclo. Neste sentido, já anteriormente referenciado, encontrou-se em determinadas situações maior solicitação muscular do

lado esquerdo do corpo dos atletas. Pretende-se, no entanto, formular uma hipótese explicativa para tal facto.

Numa regata, as largadas são sempre amuradas a estibordo, as rondagens das bóias são sempre com as embarcações amuradas a estibordo. Enquanto se navega nestas amuras, o velejador da classe Laser executa os movimentos de rotação e torção no sentido da popa, a fim de minimizar ou anular perdas de rendimento pelo bater das ondas, sobre o seu lado esquerdo (lado da popa da embarcação amurada a EB). Estas circunstâncias proporcionam que este mesmo lado seja mais requisitado ao longo de uma regata. Não obstante, é também nas situações acima referidas (largadas e rondagens) que existe maior confluência das embarcações em competição, sendo esses períodos de grande intensidade, nos quais os atletas estarão sobre em maior *stress* e exigência física. Esta é a hipótese explicativa para o desgaste físico lateralizado à esquerda que todos os laseristas afirmam sentir na pós-competição.

Outra das conclusões relevantes que este estudo pôde comprovar é a importância da participação dos abdominais oblíquos. Com níveis de activação elevados, são músculos que assumem pouca importância no trabalho de preparação física dos velejadores nacionais da classe Laser, tendo apresentado neste estudo um claro desgaste face aos retos abdominais.

Por último, foram identificados valores (mediana de frequências em contracção isométrica) que podem sugerir o aparecimento de fadiga durante uma perna de bolina. Face ao período de contracção isométrica, pós tarefa, onde era pedida a manutenção do ângulo, os velejadores apresentaram a total impossibilidade de manutenção do mesmo ou, no caso dos sujeitos que foram capazes dessa manutenção, apresentaram níveis de activação neuromuscular mais elevados, quando comparados com o mesmo período de isometria no instante que antecedeu a tarefa. Esta comparação no início e no fim da tarefa deixa antever que a carga mecânica aplicada à musculatura abdominal revela que se trata de um esforço de elevada intensidade.

## 5.1 Recomendações para o Treino

Face aos resultados obtidos recomenda-se o treino de fortalecimento e força/resistência (dependendo do nível do atleta) ao nível do quadríceps e parede abdominal com especial incidência nos abdominais oblíquos.

Ressalva-se também a importância do ponto de vista técnico estar completamente consolidado para que a maior preocupação no processo de treino seja a componente física e tática.

Importa dizer que o treino na vela é demasiado complexo para ser executado somente em condição real ou em ambiente de ginásio com reprodução de posições e níveis de esforço. O ideal será trabalhar nas duas vertentes, sendo que de uma forma natural, a condição real será a melhor maneira de “recriação” do ambiente competitivo. Porém, relativamente ao treino da força/resistência, habitualmente feito em ginásio, salienta-se o facto de que, sendo o movimento neste estudo identificado e caracterizado como um movimento cíclico, se recomenda a possibilidade de treino da tarefa de forma cíclica repetitiva, como meio de adquirir adaptações e qualidades físicas inerentes ao movimento de *hiking*.

## 5.2 Recomendações para Futuras Investigações

Numa futura investigação seria interessante associar os resultados deste estudo com a análise cinética dos momentos de força articular. Para esse efeito podem ser usados os dados cinéticos recolhidos aquando da recolha cinemática e electromiográfica do presente estudo.

Dá-se também como sugestão para estudos subsequentes, a análise de uma tarefa centrada na constante repetição do movimento de “Ciclo de Prancha”, de modo a poder ser avaliada a frequência de execução, bem como o efeito da fadiga no desenrolar da acção, sobre esse mesmo movimento.

É igualmente pertinente efectuar um estudo comparativo entre a totalidade dos músculos do lado esquerdo e a totalidade dos músculos do lado direito do corpo, a fim de evidenciar com clareza uma maior participação/requisição da musculatura esquerda nos velejadores da classe Laser.

# Bibliografia

---

- [1] Besier, R., Sanders, T. (1999). *Analysis of dynamic trapeze sailing techniques*. In 17<sup>th</sup> International Symposium on Biomechanics in Sports. Perth: Department of Human Movement and Exercise Science, University of Western, 285-288.
- [2] Blackburn, M. (1994). "The stayed back: ideas and exercises to avoid problems with the sailing spine," *Australian Sailing*, 67, 43–45.
- [3] Burden, A. (2008) "Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise science" In C. J. Payton & R. M. Barlett (Eds.) *In Surface Electromyography* (77-102), Routledge, Bases.
- [4] Cunningham, P., Hale, T. (2007). "Physiological responses of elite Laser sailors to 30 minutes of simulated upwind sailing." *Journal of Sports Sciences*, 25:10, 1109–1116.
- [5] De Luca, C. (1997). "The Use of Surface Electromyography in Biomechanics," *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 135–163.
- [6] Durnin, J. V. G. A., Passmore, R. (1967). *Energy, work and leisure*. London: Heinemann.
- [7] Hamill, J., Selbie, W. S. (2004). "Research Methods in Biomechanics" In S. N. Gordon, D. Robertson, E. Caldwell, G. Hamill, J. Kamen, G. Whittlesey (Eds) *In "Three-Dimensional Kinetics,"* (35–52), Human Kinetics.
- [8] Legg S.P., Mackie H. (1999). "Temporal patterns of physical activity in Olympic dinghy racing. *J Sports Med Phys Fitness.*, vol. 39, no. 4, 315–320.
- [9] Mackie, H., Sanders, R., Legg, S. (1999). "The physical demands of Olympic yacht racing," *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*, vol. 2, no. 4, 375–88.
- [10] de Menezes, P. R. C. F. S., Schütz, G. R., Carneiro, H. R. L. C., Fontana, H. B. (2007). "Biomechanical analysis of spine movements in hiking on sailing: a preliminary study," in *XXV ISBS Symposium, Ouro Preto – Brazil*, 125–128.
- [11] Milner, C. (2008) "Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise science" In C. J. Payton & R. M. Barlett (Eds.) *In Motion Analysis Using On-Line Systems* (33-52), Routledge, Bases.
- [12] Moisetti, O., Boyas, S., Guével, A. (2006). "Specific Neuromuscular Responses of High Skilled Laser Sailors during a Multi-Joint Posture Sustained Until Exhaustion." *International Journal Sports Medicine*, 27, 968–975.

- [13] Mottram, C. J., Jakobi, J. M., Semmler, J. G., Enoka, R. M. (2005). "Motor-Unit Activity Differs With Load Type During a Fatiguing Contraction." *Journal of Neurophysiology*, 93, 1381–1392.
- [14] Ruschel, C., Jacomel, G. F., Schütz, G. R., Haupentha, A., Hubert, M., Roesler, H. (2008). "Análise cinesiológica do movimento de escora de velejadores da classe laser em diferentes posições do barco em relação ao vento." *Revista da Educação Física/UEM*, vol. 19, no. 4, 501–508.
- [15] Schütz, G. R. (2006). "Desenvolvimento e validação de sistema de aquisição de imagem na vela. Tese de Mestrado não publicada. Florianópolis: Universidade de Santa Catarina.
- [16] Spurway, N., Legg, S., and Hale, T. (2007). "Sailing physiology," *Journal of sports sciences*, vol. 25:10, 1073–1075.
- [17] Spurway, N. (1999). Sailing Physiology In G. Sjogaard(Ed.), *Sailing & Science-an interdisciplinary Perspective*, 95–117. Copenhaga: Institute of Exercise and Sports Sciences, University of Copenhagen.
- [18] Spurway, N. (2007). "Hiking physiology and the ‘ quasi-isometric ’ concept." *Journal of Sports Sciences*, vol. 25:10, 1081–1093.